

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-349237

(P2002-349237A)

(43) 公開日 平成14年12月4日 (2002. 12. 4)

(51) Int.Cl.⁷

F 0 1 N 3/02

識別記号

3 2 1

3 0 1

3 2 1

F I

F 0 1 N 3/02

テマコード* (参考)

3 2 1 B 3 G 0 9 0

3 0 1 C 3 G 0 9 1

3 0 1 E 3 G 3 0 1

3 0 1 G

3 2 1 A

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 25 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2001-157610(P2001-157610)

(22) 出願日

平成13年5月25日 (2001. 5. 25)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 広田 信也

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 田中 俊明

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外2名)

最終頁に続く

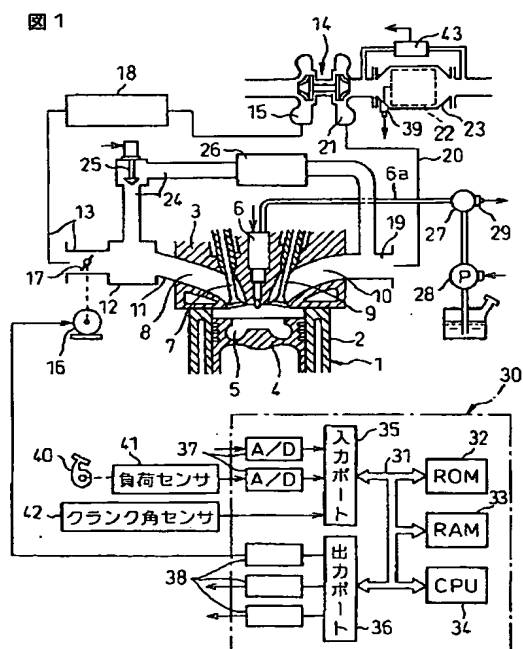
(54) 【発明の名称】 排気ガス浄化装置

(57) 【要約】

【課題】 パティキュレートフィルタが損傷するのを阻止する。

【解決手段】 機関排気通路内にパティキュレートフィルタ22を配置する。パティキュレートフィルタ22における圧損が設定値を越えたときにはパティキュレートフィルタ22の再生を行う。更に、パティキュレートフィルタ22上の堆積微粒子量が増大してパティキュレートフィルタ22が損傷する可能性があるときにはパティキュレートフィルタ22における圧損がほとんど増大しない場合であってもパティキュレートフィルタ22の再生を行う。

図 1



5…燃焼室
6…燃料噴射弁

22…パティキュレートフィルタ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 機関排気通路内に排気ガス中の微粒子を捕集するためのパティキュレートフィルタを配置し、リーン空燃比のもとで継続的に燃焼が行われている際にパティキュレートフィルタ上の堆積微粒子を輝炎の発生を伴うことなく連続的に酸化除去可能である内燃機関において、パティキュレートフィルタとして、機関の運転状態によりパティキュレートフィルタ上の堆積微粒子量が増大してもパティキュレートフィルタにおける圧損がほとんど増大しない場合とパティキュレートフィルタ上の堆積微粒子が増大するとパティキュレートフィルタにおける圧損が増大する場合とがあるパティキュレートフィルタを用い、パティキュレートフィルタにおける圧損を検出する検出手段と、該検出手段により検出された圧損が設定値を越えたときにはパティキュレートフィルタを再生するためにパティキュレートフィルタの温度を上昇させる主再生手段と、パティキュレートフィルタ上の堆積微粒子量が増大して堆積微粒子の酸化反応熱によりパティキュレートフィルタの損傷をひき起こす可能性があるときにはパティキュレートフィルタにおける圧損がほとんど増大せず上記設定値を越えない場合であってもパティキュレートフィルタを再生するためにリーン空燃比のもとでパティキュレートフィルタの温度を上昇させる中間再生手段とを具備した排気ガス浄化装置。

【請求項 2】 パティキュレートフィルタ上の堆積微粒子量が堆積微粒子の酸化反応熱によりパティキュレートフィルタの損傷をひき起こす可能性のある限界値を越えたか否かを推定する推定手段を具備し、上記中間再生手段は、パティキュレートフィルタ上の堆積微粒子量が該限界値を越えたと推定されたときにはパティキュレートフィルタにおける圧損がほとんど増大せず上記設定値を越えない場合であってもパティキュレートフィルタを再生するためにリーン空燃比のもとでパティキュレートフィルタの温度を上昇させる請求項 1 に記載の排気ガス浄化装置。

【請求項 3】 パティキュレートフィルタ上の堆積微粒子量を算出するための算出手段を具備し、上記推定手段は該算出手段により算出された堆積微粒子量を用いてパティキュレートフィルタ上の堆積微粒子量が上記限界値を越えたか否かを推定する請求項 2 に記載の排気ガス浄化装置。

【請求項 4】 上記算出手段は機関から排出される微粒子量およびパティキュレートフィルタの温度に基づいてパティキュレートフィルタ上の堆積微粒子量を算出する請求項 3 に記載の排気ガス浄化装置。

【請求項 5】 上記推定手段は、機関の始動が行われたとき、或いは、機関の運転時間、機関回転数の累積値又は車両走行距離が予め定められた値を越えたときにパティキュレートフィルタ上の堆積微粒子量が上記限界値を越えたと推定する請求項 2 に記載の排気ガス浄化装置。

【請求項 6】 上記中間再生手段は、パティキュレートフィルタの再生制御が開始されたときに再生に必要な目標再生時間を設定し、再生制御が中断した後再開されたときは中断時における目標再生時間の残り時間にパティキュレートフィルタの温度を再生開始温度まで上昇させるのに必要な時間を加算してこの加算した時間を新たな目標再生時間とする請求項 1 に記載の排気ガス浄化装置。

【請求項 7】 パティキュレートフィルタ上に貴金属触媒を担持した請求項 1 に記載の排気ガス浄化装置。

【請求項 8】 周囲に過剰酸素が存在すると酸素を取込んで酸素を保持しかつ周囲の酸素濃度が低下すると保持した酸素を活性酸素の形で放出する活性酸素放出剤をパティキュレートフィルタ上に担持し、放出された活性酸素によってパティキュレートフィルタ上に付着した微粒子を酸化させるようにした請求項 7 に記載の排気ガス浄化装置。

【請求項 9】 上記活性酸素放出剤がアルカリ金属又はアルカリ土類金属又は希土類又は遷移金属からなる請求項 8 に記載の排気ガス浄化装置。

【請求項 10】 パティキュレートフィルタ上に貴金属触媒と、パティキュレートフィルタに流入する排気ガスの空燃比がリーンのときには排気ガス中の NO_x を吸収しパティキュレートフィルタに流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比又はリッチになると吸収した NO_x を放出する NO_x 吸収剤とを担持した請求項 1 に記載の排気ガス浄化装置。

【請求項 11】 上記 NO_x 吸収剤がアルカリ金属又はアルカリ土類金属又は希土類又は遷移金属からなる請求項 10 に記載の排気ガス浄化装置。

【請求項 12】 NO_x 吸収剤に吸収されている NO_x を NO_x 吸収剤から放出すべきときにはパティキュレートフィルタに流入する排気ガスの空燃比をリーンからリッチに一時的に切替える NO_x 放出制御手段を具備した請求項 10 に記載の排気ガス浄化装置。

【請求項 13】 NO_x 吸収剤に吸収されている SO_x を NO_x 吸収剤から放出すべきときにはパティキュレートフィルタの温度を SO_x 放出温度まで上昇させると共にパティキュレートフィルタに流入する排気ガスの空燃比をリーンからリッチに切替える SO_x 放出制御手段を具備した請求項 10 に記載の排気ガス浄化装置。

【請求項 14】 上記 SO_x 放出制御手段は、SO_x の放出制御が開始されたときに SO_x の放出に必要な目標 SO_x 放出時間を設定し、SO_x 放出制御が中断した後再開されたときは中断時における目標 SO_x 放出時間の残り時間にパティキュレートフィルタの温度を SO_x 放出温度まで上昇させるのに必要な時間を加算してこの加算した時間を新たな目標 SO_x 放出時間とする請求項 13 に記載の排気ガス浄化装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は排気ガス浄化装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来よりディーゼル機関においては、排気ガス中に含まれる微粒子を除去するために機関排気通路内にパティキュレートフィルタを配置してこのパティキュレートフィルタにより排気ガス中の微粒子を一旦捕集し、パティキュレートフィルタ上に捕集された微粒子を着火燃焼せしめることによりパティキュレートフィルタを再生するようにしている。ところがパティキュレートフィルタ上に捕集された微粒子は600℃程度以上の高温にならないと着火せず、これに対してディーゼル機関の排気ガス温は通常、600℃よりもかなり低い。従って排気ガス熱をもってパティキュレートフィルタ上に捕集された微粒子を着火させるのは困難であり、排気ガス熱をもってパティキュレートフィルタ上に捕集された微粒子を着火させるためには微粒子の着火温度を低くしなければならない。

【0003】ところで従来よりパティキュレートフィルタ上に触媒を担持すれば微粒子の着火温度を低下できることが知られており、従って従来より微粒子の着火温度を低下させるために触媒を担持した種々のパティキュレートフィルタが公知である。例えば特公平7-106290号公報にはパティキュレートフィルタ上に白金族金属およびアルカリ土類金属酸化物の混合物を担持させたパティキュレートフィルタが開示されている。このパティキュレートフィルタではほぼ350℃から400℃の比較的低温をもって微粒子が着火され、次いで連続的に燃焼せしめられる。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】このようにパティキュレートフィルタ上に触媒を担持すると350℃から400℃の比較的低温をもって微粒子を連続的に燃焼させることができる。しかしながら実際のディーゼル機関ではパティキュレートフィルタの温度が継続的に350℃以下となることがあり、この場合にはパティキュレートフィルタ上に微粒子が堆積し続けるために終いにはパティキュレートフィルタが目詰まりを生じてしまう。また、パティキュレートフィルタの温度が350℃から400℃に維持されていたとしても多量の微粒子が機関から排出され続けるとこの場合にもパティキュレートフィルタが目詰まりしてしまう。しかしながら上述の公報に記載されたディーゼル機関ではこのようにパティキュレートフィルタが目詰まりを生ずることを想定しておらず、従ってパティキュレートフィルタが目詰まりを生じたときの対処について何ら考慮が払われていない。

【0005】一方、従来の大部分のパティキュレートフィルタではパティキュレートフィルタの表面上に堆積した微粒子をパティキュレートフィルタ表面上において燃

焼せしめるようにしている。これに対して本発明者はパティキュレートフィルタ内部に堆積した微粒子をパティキュレートフィルタ内部において酸化除去しうるパティキュレートフィルタの開発にとりかかっており、現在開発されているパティキュレートフィルタは微粒子がパティキュレートフィルタ内部に侵入しやすくするためにパティキュレートフィルタ内の排気ガス流通細孔の寸法が大きく形成されている。

【0006】このようにパティキュレートフィルタ内の排気ガス流通細孔の寸法を大きくすると微粒子の堆積のしかたによってはパティキュレートフィルタが目詰まりすることもあるが通常は目詰まりしなくなり、しかも微粒子が堆積してもパティキュレートフィルタにおける圧損がほとんど増大しなくなる。即ち、パティキュレートフィルタ内の排気ガス流通細孔の寸法を大きくすると後に詳細に説明するように機関の運転状態によってパティキュレートフィルタ上の堆積微粒子量が増大してもパティキュレートフィルタにおける圧損がほとんど増大しない場合とパティキュレートフィルタ上の堆積微粒子量が増大するとパティキュレートフィルタにおける圧損が増大する場が生じる。

【0007】ところでパティキュレートフィルタにおける圧損が増大した場合、即ちパティキュレートフィルタが目詰まりを生じた場合には堆積した微粒子をできるだけ早く燃焼させ除去する、云い換えるとパティキュレートフィルタを再生する必要がある。この場合、パティキュレートフィルタにおける圧損が増大したか否かは圧力センサ等を用いて簡単に検出することができ、従って本発明においてもパティキュレートフィルタにおける圧損を検出して検出した圧損が設定値を越えたときにパティキュレートフィルタを再生するようにしている。

【0008】ところが上述したように排気ガス流通細孔の寸法を大きくするとパティキュレートフィルタ上の堆積微粒子が増大してもパティキュレートフィルタにおける圧損がほとんど増大しない場合が生ずる。この場合、パティキュレートフィルタにおける圧損がほとんど増大しないからと言ってそのまま放置しておく大きな問題を生ずる。即ち、例えば加速運転が行われると燃焼室内における発熱量が増大すると共に排気ガス量が増大し、その結果パティキュレートフィルタの温度が急速に上昇する。次いで、低負荷運転に移行するとパティキュレートフィルタの温度が高い状態でパティキュレートフィルタ内における排気ガスの空間速度が小さくなり、排気ガス中の酸素濃度が高くなるためにパティキュレートフィルタ上の堆積微粒子が急速に燃焼せしめられる。このときパティキュレートフィルタ上に多量の微粒子が堆積していると微粒子の燃焼によってパティキュレートフィルタの温度がかなり上昇し、その結果パティキュレートフィルタが溶損したり、或いはパティキュレートフィルタ上における温度差が激しくなって亀裂が発生するという

問題、即ち、パティキュレートフィルタが損傷するという問題を生ずる。

【0009】本発明の目的は、パティキュレートフィルタにおける圧損が設定値を越えたときにはパティキュレートフィルタの再生利用を行うことはもとより、パティキュレートフィルタにおける圧損が設定値に対してかなり低い値に維持されていたとしてもパティキュレートフィルタの損傷の発生を阻止するために必要に応じてパティキュレートフィルタを再生するようにした排気ガス浄化装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】1番目の発明では上記目的を達成するために、機関排気通路内に排気ガス中の微粒子を捕集するためのパティキュレートフィルタを配置し、リーン空燃比のもとで継続的に燃焼が行われている際にパティキュレートフィルタ上の堆積微粒子を輝炎の発生を伴うことなく連続的に酸化除去可能である内燃機関において、パティキュレートフィルタとして、機関の運転状態によりパティキュレートフィルタ上の堆積微粒子量が増大してもパティキュレートフィルタにおける圧損がほとんど増大しない場合とパティキュレートフィルタ上の堆積微粒子が増大するとパティキュレートフィルタにおける圧損が増大する場合とがあるパティキュレートフィルタを用い、パティキュレートフィルタにおける圧損を検出する検出手段と、検出手段により検出された圧損が設定値を越えたときにはパティキュレートフィルタを再生するためにパティキュレートフィルタの温度を上昇させる主再生手段と、パティキュレートフィルタ上の堆積微粒子量が増大して堆積微粒子の酸化反応熱によりパティキュレートフィルタの損傷をひき起こす可能性があるときにはパティキュレートフィルタにおける圧損がほとんど増大せず設定値を越えない場合であってもパティキュレートフィルタを再生するためにリーン空燃比のもとでパティキュレートフィルタの温度を上昇させる中間再生手段とを具備している。

【0011】2番目の発明では1番目の発明において、パティキュレートフィルタ上の堆積微粒子量が堆積微粒子の酸化反応熱によりパティキュレートフィルタの損傷をひき起こす可能性のある限界値を越えたか否かを推定する推定手段を具備し、中間再生手段は、パティキュレートフィルタ上の堆積微粒子量が限界値を越えたと推定されたときにはパティキュレートフィルタにおける圧損がほとんど増大せず設定値を越えない場合であってもパティキュレートフィルタを再生するためにリーン空燃比のもとでパティキュレートフィルタの温度を上昇させるようにしている。

【0012】3番目の発明では2番目の発明において、パティキュレートフィルタ上の堆積微粒子量を算出するための算出手段を具備し、推定手段は算出手段により算出された堆積微粒子量を用いてパティキュレートフィル

タ上の堆積微粒子量が限界値を越えたか否かを推定するようにしている。4番目の発明では3番目の発明において、算出手段は機関から排出される微粒子量およびパティキュレートフィルタの温度に基づいてパティキュレートフィルタ上の堆積微粒子量を算出するようにしている。

【0013】5番目の発明では1番目の発明において、推定手段は、機関の始動が行われたとき、或いは機関の運転時間、機関回転数の累積値又は車両走行距離が予め定められた値を越えたときにパティキュレートフィルタ上の堆積微粒子量が限界値を越えたと推定するようにしている。6番目の発明では1番目の発明において、中間再生手段は、パティキュレートフィルタの再生制御が開始されたときに再生に必要な目標再生時間を設定し、再生制御が中断した後再開されたときは中断時における目標再生時間の残り時間にパティキュレートフィルタの温度を再生開始温度まで上昇させるのに必要な時間を加算してこの加算した時間を新たな目標再生時間としている。

【0014】7番目の発明では1番目の発明において、パティキュレートフィルタ上に貴金属触媒を担持している。8番目の発明では7番目の発明において、周囲に過剰酸素が存在すると酸素を取込んで酸素を保持しかつ周囲の酸素濃度が低下すると保持した酸素を活性酸素の形で放出する活性酸素放出剤をパティキュレートフィルタ上に担持し、放出された活性酸素によってパティキュレートフィルタ上に付着した微粒子を酸化させるようにしている。

【0015】9番目の発明では8番目の発明において、活性酸素放出剤がアルカリ金属又はアルカリ土類金属又は希土類又は遷移金属からなる。10番目の発明では1番目の発明において、パティキュレートフィルタ上に貴金属触媒と、パティキュレートフィルタに流入する排気ガスの空燃比がリーンのときには排気ガス中のNO_xを吸収しパティキュレートフィルタに流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比又はリッチになると吸収したNO_xを放出するNO_x吸収剤とを担持している。

【0016】11番目の発明では10番目の発明において、NO_x吸収剤がアルカリ金属又はアルカリ土類金属又は希土類又は遷移金属からなる。12番目の発明では10番目の発明において、NO_x吸収剤に吸収されているNO_xをNO_x吸収剤から放出すべきときにはパティキュレートフィルタに流入する排気ガスの空燃比をリーンからリッチに一時的に切換えるNO_x放出制御手段を具備している。

【0017】13番目の発明では10番目の発明において、NO_x吸収剤に吸収されているSO_xをNO_x吸収剤から放出すべきときにはパティキュレートフィルタの温度をSO_x放出温度まで上昇させると共にパティキュレートフィルタに流入する排気ガスの空燃比をリーンか

らリッチに切替えるSO、放出制御手段を具備している。

【0018】14番目の発明では13番目の発明において、SO、放出制御手段は、SO、の放出制御が開始されたときにSO、の放出に必要な目標SO、放出時間を設定し、SO、放出制御が中断した後再開されたときは中断時における目標SO、放出時間の残り時間にパティキュレートフィルタの温度をSO、放出温度まで上昇させるのに必要な時間を加算してこの加算した時間を新たな目標SO、放出時間としている。

【0019】

【発明の実施の形態】図1は本発明を圧縮着火式内燃機関に適用した場合を示している。なお、本発明は火花点火式内燃機関にも適用することもできる。図1を参照すると、1は機関本体、2はシリンダブロック、3はシリンダヘッド、4はピストン、5は燃焼室、6は電気制御式燃料噴射弁、7は吸気弁、8は吸気ポート、9は排気弁、10は排気ポートを夫々示す。吸気ポート8は対応する吸気枝管11を介してサージタンク12に連結され、サージタンク12は吸気ダクト13を介して排気ターボチャージャ14のコンプレッサ15に連結される。吸気ダクト13内にはステップモータ16により駆動されるスロットル弁17が配置され、更に吸気ダクト13周りには吸気ダクト13内を流れる吸入空気を冷却するための冷却装置18が配置される。図1に示される実施例では機関冷却水が冷却装置18内に導びかれ、機関冷却水によって吸入空気が冷却される。一方、排気ポート10は排気マニホールド19および排気管20を介して排気ターボチャージャ14の排気タービン21に連結され、排気タービン21の出口はパティキュレートフィルタ22を内蔵したケーシング23に連結される。

【0020】排気マニホールド19とサージタンク12とは排気ガス再循環（以下、EGRと称す）通路24を介して互いに連結され、EGR通路24内には電気制御式EGR制御弁25が配置される。また、EGR通路24周りにはEGR通路24内を流れるEGRガスを冷却するための冷却装置26が配置される。図1に示される実施例では機関冷却水が冷却装置26内に導びかれ、機関冷却水によってEGRガスが冷却される。一方、各燃料噴射弁6は燃料供給管6aを介して燃料リザーバ、いわゆるコモンレール27に連結される。このコモンレール27内へは電気制御式の吐出量可変な燃料ポンプ28から燃料が供給され、コモンレール27内に供給された燃料は各燃料供給管6aを介して燃料噴射弁6に供給される。コモンレール27にはコモンレール27内の燃料圧を検出するための燃料圧センサ29が取付けられ、燃料圧センサ29の出力信号に基づいてコモンレール27内の燃料圧が目標燃料圧となるように燃料ポンプ28の吐出量が制御される。

【0021】電子制御ユニット30はデジタルコンピュ

ータからなり、双方向性バス31によって互いに接続されたROM（リードオンリメモリ）32、RAM（ランダムアクセスメモリ）33、CPU（マイクロプロセッサ）34、入力ポート35および出力ポート36を具備する。燃料圧センサ29の出力信号は対応するAD変換器37を介して入力ポート35に入力される。また、パティキュレートフィルタ22にはパティキュレートフィルタ22の温度を検出するための温度センサ39が取付けられ、この温度センサ39の出力信号は対応するAD変換器37を介して入力ポート35に入力される。また、パティキュレートフィルタ22にはパティキュレートフィルタ22の上流側排気ガス圧と下流側排気ガス圧との圧力差、即ちパティキュレートフィルタ22における圧損を検出するための圧力センサ43が取付けられ、この圧力センサ43の出力信号は対応するAD変換器37を介して入力ポート35に入力される。

【0022】一方、アクセルペダル40にはアクセルペダル40の踏込み量Lに比例した出力電圧を発生する負荷センサ41が接続され、負荷センサ41の出力電圧は対応するAD変換器37を介して入力ポート35に入力される。更に入力ポート35にはクランクシャフトが例えば30°回転する毎に出力パルスを発生するクランク角センサ42が接続される。一方、出力ポート36は対応する駆動回路38を介して燃料噴射弁6、スロットル弁駆動用ステップモータ16、EGR制御弁25、および燃料ポンプ28に接続される。

【0023】図2（A）は要求トルクTQと、アクセルペダル40の踏込み量Lと、機関回転数Nとの関係を示している。なお、図2（A）において各曲線は等トルク曲線を表しており、TQ=0で示される曲線はトルクが零であることを示しており、残りの曲線はTQ=a、TQ=b、TQ=c、TQ=dの順に次第に要求トルクが高くなる。図2（A）に示される要求トルクTQは図2（B）に示されるようにアクセルペダル40の踏込み量Lと機関回転数Nの関数としてマップの形で予めROM32内に記憶されている。本発明による実施例では図2（B）に示すマップからアクセルペダル40の踏込み量Lおよび機関回転数Nに応じた要求トルクTQがまず初めに算出され、この要求トルクTQに基づいて燃料噴射量等が算出される。

【0024】図3（A）および（B）は図1に示されるパティキュレートフィルタ22の構造を示す。なお、図3（A）はパティキュレートフィルタ22の正面図を示しており、図3（B）はパティキュレートフィルタ22の側面断面図を示している。図3（A）および（B）に示されるようにパティキュレートフィルタ22はハニカム構造をなしており、互いに平行をなして延びる複数個の排気流通路50、51を具備する。これら排気流通路は下流端が栓52により閉塞された排気ガス流入通路50と、上流端が栓53により閉塞された排気ガス流出通

路 51 とにより構成される。なお、図 3 (A) においてハッチングを付した部分は栓 53 を示している。従って排気ガス流入通路 50 および排気ガス流出通路 51 は薄肉の隔壁 54 を介して交互に配置される。言い換えると排気ガス流入通路 50 および排気ガス流出通路 51 は各排気ガス流入通路 50 が 4 つの排気ガス流出通路 51 によって包囲され、各排気ガス流出通路 51 が 4 つの排気ガス流入通路 50 によって包囲されるように配置される。

【0025】パティキュレートフィルタ 22 は例えばコーゼライトのような多孔質材料から形成されており、従って排気ガス流入通路 50 内に流入した排気ガスは図 3 (B) において矢印で示されるように周囲に隔壁 54 内を通過して隣接する排気ガス流出通路 51 内に流出する。本発明による実施例では各排気ガス流入通路 50 および各排気ガス流出通路 51 の周壁面、即ち各隔壁 54 の両側表面上および隔壁 54 内の排気ガス流通細孔内壁上には例えばアルミナからなる担体の層が形成されており、この担体上に貴金属触媒、および周囲に過剰酸素が存在すると酸素を取込んで酸素を保持しかつ周囲の酸素濃度が低下すると保持した酸素を活性酸素の形で放出する活性酸素放出剤が担持されている。

【0026】この場合、本発明による実施例では貴金属触媒として白金 Pt が用いられており、活性酸素放出剤としてカリウム K、ナトリウム Na、リチウム Li、セシウム Cs、ルビジウム Rb のようなアルカリ金属、バリウム Ba、カルシウム Ca、ストロンチウム Sr のようなアルカリ土類金属、ランタン La、イットリウム Y、セリウム Ce のような希土類、および錫 Sn、鉄 Fe のような遷移金属から選ばれた少くとも一つが用いられている。

【0027】なお、この場合活性酸素放出剤としてはカルシウム Ca よりもイオン化傾向の高いアルカリ金属又はアルカリ土類金属、即ちカリウム K、リチウム Li、セシウム Cs、ルビジウム Rb、バリウム Ba、ストロンチウム Sr を用いるか、或いはセリウム Ce を用いることが好ましい。次にパティキュレートフィルタ 22 による排気ガス中の微粒子除去作用について担体上に白金 Pt およびカリウム K を担持させた場合を例にとって説明するが他の貴金属、アルカリ金属、アルカリ土類金

属、希土類、遷移金属を用いても同様な微粒子除去作用が行われる。

【0028】図 1 に示されるような圧縮着火式内燃機関では空気過剰のもとで燃焼が行われ、従って排気ガスは多量の過剰空気を含んでいる。即ち、吸気通路、燃焼室 5 および排気通路内に供給された空気と燃料との比を排気ガスの空燃比と称すると図 1 に示されるような圧縮着火式内燃機関では排気ガスの空燃比はリーンとなっている。また、燃焼室 5 内では NO が発生するので排気ガス中には NO が含まれている。また、燃料中にはイオウ S

が含まれており、このイオウ S は燃焼室 5 内で酸素と反応して SO_2 となる。従って排気ガス中には SO_2 が含まれている。従って過剰酸素、NO および SO_2 を含んだ排気ガスがパティキュレートフィルタ 22 の排気ガス流入通路 50 内に流入することになる。

【0029】図 4 (A) および (B) は排気ガス流入通路 50 の内周面および隔壁 54 内の細孔内壁上に形成された担体層の表面の拡大図を模式的に表わしている。なお、図 4 (A) および (B) において 60 は白金 Pt の粒子を示しており、61 はカリウム K を含んでいる活性酸素放出剤を示している。上述したように排気ガス中には多量の過剰酸素が含まれているので排気ガスがパティキュレートフィルタ 22 の排気ガス流入通路 50 内に流入すると図 4 (A) に示されるようにこれら酸素 O_2 が O_2^- 又は O^{2-} の形で白金 Pt の表面に付着する。一方、排気ガス中の NO は白金 Pt の表面上で O_2^- 又は O^{2-} と反応し、 NO_2 となる ($2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$)。次いで生成された NO_2 の一部は白金 Pt 上で酸化されつつ活性酸素放出剤 61 内に吸収され、カリウム K と結合しながら図 4 (A) に示されるように硝酸イオン NO_3^- の形で活性酸素放出剤 61 内に拡散し、一部の硝酸イオン NO_3^- は硝酸カリウム KNO_3 を生成する。

【0030】一方、上述したように排気ガス中には SO_2 も含まれており、この SO_2 も NO と同様なメカニズムによって活性酸素放出剤 61 内に吸収される。即ち、上述したように酸素 O_2 が O_2^- 又は O^{2-} の形で白金 Pt の表面に付着しており、排気ガス中の SO_2 は白金 Pt の表面で O_2^- 又は O^{2-} と反応して SO_3 となる。次いで生成された SO_3 の一部は白金 Pt 上で更に酸化されつつ活性酸素放出剤 61 内に吸収され、カリウム K と結合しながら硫酸イオン SO_4^{2-} の形で活性酸素放出剤 61 内に拡散し、硫酸カリウム K_2SO_4 を生成する。このようにして活性酸素放出触媒 61 内には硝酸カリウム KNO_3 および硫酸カリウム K_2SO_4 が生成される。

【0031】一方、燃焼室 5 内においては主にカーボン C からなる微粒子が生成され、従って排気ガス中にはこれら微粒子が含まれている。排気ガス中に含まれているこれら微粒子は排気ガスがパティキュレートフィルタ 22 の排気ガス流入通路 50 内を流れているときに、或いは排気ガス流入通路 50 から排気ガス流出通路 51 に向かうときに図 4 (B) において 62 で示されるように担体層の表面、例えば活性酸素放出剤 61 の表面上に接触し、付着する。

【0032】このように微粒子 62 が活性酸素放出剤 61 の表面上に付着すると微粒子 62 と活性酸素放出剤 61 との接触面では酸素濃度が低下する。酸素濃度が低下すると酸素濃度の高い活性酸素放出剤 61 内との間で濃度差が生じ、斯くして活性酸素放出剤 61 内の酸素が微粒子 62 と活性酸素放出剤 61 との接触面に向けて移動しようとする。その結果、活性酸素放出剤 61 内に形成

されている硝酸カリウム KNO_3 がカリウム K と酸素 O と NO とに分解され、酸素 O が微粒子62と活性酸素放出剤61との接触面に向かい、 NO が活性酸素放出剤61から外部に放出される。外部に放出された NO は下流側の白金 Pt 上において酸化され、再び活性酸素放出剤61内に吸収される。

【0033】一方、このときパティキュレートフィルタ22の温度が高ければ活性酸素放出剤61内に形成されている硫酸カリウム K_2SO_4 もカリウム K と酸素 O と SO_2 とに分解され、酸素 O が微粒子62と活性酸素放出剤61との接触面に向かい、 SO_2 が活性酸素放出剤61から外部に放出される。外部に放出された SO_2 は下流側の白金 Pt 上において酸化され、再び活性酸素放出剤61内に吸収される。

【0034】一方、微粒子62と活性酸素放出剤61との接触面に向かう酸素 O は硝酸カリウム KNO_3 や硫酸カリウム K_2SO_4 のような化合物から分解された酸素である。化合物から分解された酸素 O は高いエネルギーを有しており、極めて高い活性を有する。従って微粒子62と活性酸素放出剤61との接触面に向かう酸素は活性酸素 O となっている。これら活性酸素 O が微粒子62に接触すると微粒子62の酸化作用が促進され、微粒子62は数分から数10分程度でもって輝炎を発生することなく酸化除去せしめられる。一方、このように微粒子62が酸化せしめられている間に他の微粒子が次から次へとパティキュレートフィルタ22に付着する。従って実際にはパティキュレートフィルタ22上には或る程度の量の微粒子が常時堆積しており、この堆積している微粒子のうちの一部の微粒子が酸化除去せしめられることになる。このようにしてパティキュレートフィルタ22上に付着した微粒子62が輝炎を発生することなく連続燃焼せしめられる。

【0035】なお、 NO_2 は酸素原子の結合および分離を繰返しつつ活性酸素放出剤61内において硝酸イオン NO_3^- の形で拡散するものと考えられ、この間にも活性酸素が発生する。微粒子62はこの活性酸素によっても酸化せしめられる。また、このようにパティキュレートフィルタ22上に付着した微粒子62は活性酸素 O によって酸化せしめられるがこれら微粒子62は排気ガス中の酸素によっても酸化せしめられる。

【0036】パティキュレートフィルタ22上に積層状に堆積した微粒子が燃焼せしめられるときにはパティキュレートフィルタ22が赤熱し、火炎を伴って燃焼する。このような火炎を伴う燃焼は高温でないと持続せず、従ってこのような火炎を伴う燃焼を持続させるためにはパティキュレートフィルタ22の温度を高温に維持しなければならない。

【0037】これに対して本発明では微粒子62は通常上述したように輝炎を発生することなく酸化せしめられ、このときパティキュレートフィルタ22の表面が赤熱す

ることもない。即ち、言い換えると本発明では通常かなり低い温度でもって微粒子62が酸化除去せしめられている。従って本発明におけるこの輝炎を発生しない微粒子62の酸化による微粒子除去作用は火炎を伴う燃焼による微粒子除去作用と全く異なっている。

【0038】ところで白金 Pt および活性酸素放出剤61はパティキュレートフィルタ22の温度が高くなるほど活性化するので単位時間当りに活性酸素放出剤61が放出する活性酸素 O の量はパティキュレートフィルタ22の温度が高くなるほど増大する。また当然のことながら微粒子は微粒子自身の温度が高いほど酸化除去されやすくなる。従ってパティキュレートフィルタ22上において単位時間当りに輝炎を発生することなく酸化除去可能な酸化除去可能微粒子量はパティキュレートフィルタ22の温度が高くなるほど増大する。

【0039】図5における実線はパティキュレートフィルタ22上における微粒子の酸化速度、即ち例えば1分間当りに輝炎を発生することなく酸化除去可能な微粒子量 G (g/min)とパティキュレートフィルタ22の温度 T ($^\circ\text{F}$)との関係を示している。即ち、図5に示す曲線パティキュレートフィルタ22に流入する微粒子量が酸化除去可能な微粒子量 G に一致しているバランス点を示している。この曲線上では流入微粒子量と酸化除去される微粒子量が等しいのでパティキュレートフィルタ22上の堆積微粒子量は一定に維持される。一方、図5の領域Iでは流入微粒子量が酸化除去可能な微粒子量よりも少なく、従ってこの領域Iの状態が継続すると堆積微粒子量は次第に少なくなる。これに対し図5の領域IIでは流入微粒子量が酸化除去可能な微粒子量よりも多く、従って全ての流入微粒子を酸化しえなくなるのでこの領域IIの状態が継続すると堆積微粒子量は次第に増大する。この場合、堆積した微粒子は堆積してから時間が経過するにつれて次第に酸化されにくいカーボン質に変質し、従って領域IIの状態が継続すると堆積した微粒子は次第に酸化しづらくなる。

【0040】このように、本発明によるパティキュレートフィルタ22を用いると流入微粒子量と酸化除去可能な微粒子量が等しいとき（図5の曲線上）および流入微粒子が酸化除去可能な微粒子量よりも少ないとき（図5の領域I）にはパティキュレートフィルタ22上に堆積した微粒子は順次酸化除去せしめられる。即ち、堆積微粒子は連続酸化せしめられる。これに対して流入微粒子量が酸化可能な微粒子量よりも多いとき（図5の領域II）でも一部の堆積微粒子は連続酸化せしめられるが一部の堆積微粒子は酸化されることなく堆積し、従って流入微粒子量が酸化微粒子量よりも多い状態が継続すると堆積微粒子量は次第に増大する。

【0041】さて、前述したように本発明による実施例ではパティキュレートフィルタ22の各隔壁54の両側面上および隔壁54内の排気ガス流通細孔内壁面上には

10

20

30

40

50

例えばアルミナからなる担体の層が形成されており、この担体上に貴金属触媒および活性酸素放出剤が担持されている。更に本発明による実施例ではこの担体上に貴金属触媒、およびパティキュレートフィルタ 22 に流入する排気ガスの空燃比がリーン有的时候には排気ガス中に含まれる NO_x を吸収しパティキュレートフィルタ 22 に流入する排気ガスの空燃比が理論空燃比又はリッチになると吸収した NO_x を放出する NO_x 吸収剤が担持されている。

【0042】本発明による実施例ではこの貴金属触媒として白金 Pt が用いられており、NO_x 吸収剤としてカリウム K、ナトリウム Na、リチウム Li、セシウム Cs、ルビジウム Rb のようなアルカリ金属、バリウム Ba、カルシウム Ca、ストロンチウム Sr のようなアルカリ土類、ランタン La、イットリウム Y、セリウム Ce のような希土類から選ばれた少なくとも一つが用いられている。なお、前述した活性酸素放出剤を構成する金属と比較すればわかるように NO_x 吸収剤を構成する金属と、活性酸素放出剤を構成する金属とは大部分が一致している。

【0043】この場合、NO_x 吸収剤および活性酸素放出剤として夫々異なる金属を用いることもできるし、同一の金属を用いることもできる。NO_x 吸収剤および活性酸素放出剤として同一の金属を用いた場合には NO_x 吸収剤としての機能と活性酸素放出剤としての機能との双方の機能を同時に果すことになる。次に貴金属触媒として白金 Pt を用い、NO_x 吸収剤としてカリウム K を用いた場合を例にとりて NO_x の吸放出作用について説明する。

【0044】まず初めに NO_x の吸収作用について検討すると NO_x は図 4 (A) に示すメカニズムと同じメカニズムでもって NO_x 吸収剤に吸収される。ただし、この場合図 4 (A) において符号 61 は NO_x 吸収剤を示す。即ち、パティキュレートフィルタ 22 に流入する排気ガスの空燃比がリーン有的时候には排気ガス中に多量の過剰酸素が含まれているので排気ガスがパティキュレートフィルタ 22 の排気ガス流入通路 50 内に流入すると図 4 (A) に示されるようにこれら酸素 O₂ が O₂⁻ 又は O₂²⁻ の形で白金 Pt の表面に付着する。一方、排気ガス中の NO は白金 Pt の表面上で O₂⁻ 又は O₂²⁻ と反応し、NO₂ となる ($2\text{NO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{NO}_2$)。次いで生成された NO₂ の一部は白金 Pt 上で酸化されつつ NO_x 吸収剤 61 内に吸収され、カリウム K と結合しながら図 4 (A) に示されるように硝酸イオン NO₃⁻ の形で NO_x 吸収剤 61 内に拡散し、一部の硝酸イオン NO₃⁻ は硝酸カリウム KNO₃ を生成する。このようにして NO が NO_x 吸収剤 61 内に吸収される。

【0045】一方、パティキュレートフィルタ 22 に流入する排気ガスがリッチになると硝酸イオン NO₃⁻ は酸素と O と NO に分解され、次から次へと NO_x 吸収剤 61

1 から NO が放出される。従ってパティキュレートフィルタ 22 に流入する排気ガスの空燃比がリッチになると短時間のうちに NO_x 吸収剤 61 から NO が放出され、しかもこの放出された NO が還元されるために大気中に NO が排出されることはない。

【0046】なお、この場合、パティキュレートフィルタ 22 に流入する排気ガスの空燃比を理論空燃比にしても NO_x 吸収剤 61 から NO が放出される。しかしながらこの場合には NO_x 吸収剤 61 から NO が徐々にしか放出されないために NO_x 吸収剤 61 に吸収されている全 NO_x を放出させるには若干長い時間を要する。ところで前述したように NO_x 吸収剤および活性酸素放出剤として夫々異なる金属を用いることができる。しかしながら本発明による実施例では NO_x 吸収剤および活性酸素放出剤として同一の金属を用いている。この場合には前述したように NO_x 吸収剤としての機能と活性酸素放出剤としての機能との双方の機能を同時に果すことになり、このように双方の機能を同時に果すものを以下、活性酸素放出・NO_x 吸収剤と称する。従って本発明による実施例では図 4 (A) における符号 61 は活性酸素放出・NO_x 吸収剤を示している。

【0047】このような活性酸素放出・NO_x 吸収剤 61 を用いた場合、パティキュレートフィルタ 22 に流入する排気ガスの空燃比がリーン有的时候には排気ガス中に含まれる NO は活性酸素放出・NO_x 吸収剤 61 に吸収され、排気ガス中に含まれる微粒子が活性酸素放出・NO_x 吸収剤 61 に付着するとこの微粒子は排気ガス中に含まれる活性酸素および活性酸素放出・NO_x 吸収剤 61 から放出される活性酸素等によって酸化除去せしめられる。従ってこのとき排気ガス中の微粒子および NO_x の双方が大気中に排出されるのを阻止することができることになる。

【0048】一方、パティキュレートフィルタ 22 に流入する排気ガスの空燃比がリッチになると活性酸素放出・NO_x 吸収剤 61 から NO が放出される。この NO は未燃 HC、CO により還元され、斯くしてこのときにも NO が大気中に排出されることがない。また、パティキュレートフィルタ 22 に流入する排気ガスの空燃比がリーンからリッチに切換えられ、即ち排気ガス中の酸素濃度が急激に低下すると活性酸素放出・NO_x 吸収剤 61 から活性酸素が一気に放出される。従ってこのときパティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子は活性酸素放出・NO_x 吸収剤 61 から放出される活性酸素によって酸化作用が急速に促進される。

【0049】さて、前述したように流入微粒子が酸化微粒子量よりも多い状態が継続すると堆積微粒子量は次第に増大する。この場合、本発明において用いられるパティキュレートフィルタ 22 では、機関の運転状態によってパティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子量が増大してもパティキュレートフィルタ 22 における圧損が

ほとんど増大しない場合とパティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子が増大するとパティキュレートフィルタ 22 における圧損が増大する場合とが生ずる。次にこのことについて図 6 (A) および (B) を参照しつつ説明する。

【0050】図 6 (A) および (B) はパティキュレートフィルタ 22 の隔壁 54 の拡大断面図を示しており、この隔壁 54 内を矢印で示すように排気ガスが流通する。なお、図 6 (A) および (B) において斜線で示す部分 70 はパティキュレートフィルタ 22 の基材を示して

おり、基材 70 の間に形成されている空間は 71 排気ガスが流通する細孔を示している。また、黒丸 72 は堆積した微粒子を示している。

【0051】本発明において用いられているパティキュレートフィルタ 22 では排気ガス流通細孔 71 の寸法が従来に比べて大きくされている。更に、パティキュレートフィルタ 22 の隔壁 54 の内部においても微粒子の酸化除去作用を行わせるために排気ガス流通細孔 71 に面する基材 70 の全表面が例えばアルミナからなる担体の層により覆われており、この担体上に活性酸素放出・N

O、吸収剤 61 が担持されている。なお、この活性酸素放出・NO、吸収剤 61 を用いると図 5 からわかるように 200℃以下の低い温度 T F でも微粒子を酸化除去可能となる。

【0052】本発明におけるパティキュレートフィルタ 22 ではパティキュレートフィルタ 22 への流入微粒子量が酸化除去可能な微粒子量よりも多いか少ないかにかかわらず通常微粒子は図 6 (A) に示されるように隔壁 54 の表面および隔壁 54 内の基体 70 の表面上に分散して堆積する。この場合、流入微粒子量が酸化除去可能な微粒子量と等しいか或いは酸化除去可能な微粒子量よりも少ないときには堆積した全微粒子 72 は順次酸化除去せしめられる。これに対して流入微粒子量が酸化除去可能な微粒子量よりも多くなると一部の微粒子 72 は酸化除去せしめられるが一部の微粒子 72 は酸化除去され

ることなく堆積し続け、その結果堆積微粒子量が徐々に増大することになる。しかしながらこのように堆積微粒子量が徐々に増大してもパティキュレートフィルタ 22 の排気ガス流通細孔 71 の寸法が大きく、微粒子が分散して堆積しているのでパティキュレートフィルタ 22 における圧損はほとんど増大しない。

【0053】一方、図 5 (B) に示されるように何らかの理由によって微粒子が排気ガス流通細孔 71 の入口部に集中的に堆積するとパティキュレートフィルタ 22 は目詰まりを生じ、斯くしてパティキュレートフィルタ 22 の圧損が増大する。このようにパティキュレートフィルタ 22 の圧損の増大は堆積微粒子量が図 6 (A) に示されるように分散して堆積している場合の堆積微粒子量に比べて少ないときでも生ずる。即ち、パティキュレートフィルタ 22 の圧損が増大するか否かは堆積微粒子量

とは直接関係がなく、微粒子の堆積のしかたに依存している。

【0054】どのような運転状態のときに図 6 (B) に示されるようにパティキュレートフィルタ 22 が目詰まりを生ずるかは経験によりおおそ予測できる。しかしながら実際の機関の運転状態は複雑に変化するのでパティキュレートフィルタ 22 が目詰まりを生じた否かを機関の運転状態から判断することは難かしく、従ってパティキュレートフィルタ 22 が目詰りを生じたか否かはパティキュレートフィルタ 22 における圧損が増大したか否かから検出する必要がある。

【0055】これに対し図 6 (A) に示されるように微粒子が分散して堆積した場合には上述した如くパティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子が増大してもパティキュレートフィルタ 22 における圧損がほとんど増大しない。この場合、パティキュレートフィルタ 22 における圧損がほとんど増大しないからと言ってそのまま放置しておくで冒頭で述べたように大きな問題を生ずる。即ち、例えば加速運転が行われると燃焼室 5 内における発熱量が増大すると共に排気ガス量が増大し、その結果パティキュレートフィルタ 22 の温度が急速に上昇する。次いで、低負荷運転に移行するとパティキュレートフィルタ 22 の温度が高い状態でパティキュレートフィルタ 22 内における排気ガスの空間速度が小さくなり、排気ガス中の酸素濃度が高くなるためにパティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子が急速に燃焼せしめられる。このときパティキュレートフィルタ 22 上に多量の微粒子 72 が堆積していると微粒子 72 の燃焼によってパティキュレートフィルタ 22 の温度がかなり上昇し、その結果パティキュレートフィルタ 22 が溶損したり、或いはパティキュレートフィルタ 22 上における温度差が激しくなって亀裂が発生するという問題、即ち、パティキュレートフィルタ 22 が損傷するという問題を生ずる。

【0056】そこで本発明では、パティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子量が増大して堆積微粒子の酸化反応熱によりパティキュレートフィルタ 22 の損傷を引き起こす可能性が生じたときにはパティキュレートフィルタ 22 における圧損がほとんど増大しない場合であってもパティキュレートフィルタ 22 を再生するためにリーン空燃比のもとでパティキュレートフィルタ 22 の温度を上昇させるようにしている。

【0057】即ち、本発明による実施例では図 7 に示されるようにパティキュレートフィルタ 22 における圧損 PD が機関の運転状態に応じて予め定められている該設定値 MAX を越えると空燃比 A/F がリーンの状態で再生処理が行われ、パティキュレートフィルタ 22 における圧損 PD が設定値 MAX よりも低いときであってもパティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子量が堆積微粒子の酸化反応熱によりパティキュレートフィルタ 22

の損傷をひき起こす可能性のある限界値を越えたと推定されたときには空燃比 A/F がリーンの状態で再生処理が行われる。

【0058】なお、実際にはパティキュレートフィルタ 22 が目詰まりする頻度よりもパティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子量がパティキュレートフィルタ 22 の損傷をひき起こす可能性のある限界値を越える頻度の方がはるかに高く、従って図 7 に示されるようにパティキュレートフィルタ 22 における圧損 PD が設定値 MAX を越えたときに行われる再生処理の頻度に比べて、パティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子量がパティキュレートフィルタ 22 の損傷をひき起こす可能性のある限界値を越えたと推定されたときに行われる再生処理の頻度の方がはるかに高くなる。

【0059】図 7 に示される再生処理は、パティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子が着火し燃焼を開始する 500℃ から 600℃ にパティキュレートフィルタ 22 の温度を上昇させ、次いで堆積微粒子の大部分が燃焼し終わるまでパティキュレートフィルタ 22 の温度を 500℃ から 600℃ 以上に維持する処理である。この場合、パティキュレートフィルタ 22 の温度を上昇させる方法は種々の方法がある。例えばパティキュレートフィルタ 22 の上流端に電気ヒータを配置して電気ヒータによりパティキュレートフィルタ 22 又はパティキュレートフィルタ 22 に流入する排気ガスを加熱する方法や、パティキュレートフィルタ 22 上流の排気通路内に燃料を噴射してこの燃料を燃焼させることによりパティキュレートフィルタ 22 を加熱する方法や、排気ガス温を上昇させてパティキュレートフィルタ 22 の温度を上昇させる方法がある。

【0060】ここで最後の方法、即ち排気ガス温を上昇させる方法について図 8 を参照しつつ簡単に説明しておく。排気ガス温を上昇させるのに有効な方法の一つは燃料噴射時期を圧縮上死点以後まで遅角させる方法である。即ち、通常主燃料 Q₁ は図 8 において (I) に示されるように圧縮上死点付近で噴射される。この場合、図 8 の (II) に示されるように主燃料 Q₁ の噴射時期が遅角されると後燃え期間が長くなり、斯くして排気ガス温が上昇する。排気ガス温が高くなるとそれに伴ってパティキュレートフィルタ 22 の温度 TF が上昇する。

【0061】また、排気ガス温を上昇させるために図 8 の (III) に示されるように主燃料 Q₁ に加え、吸気上死点付近において補助燃料 Q₂ を噴射することもできる。このように補助燃料 Q₂ を追加的に噴射すると補助燃料 Q₂ 分だけ燃焼せしめられる燃料が増えるために排気ガス温が上昇し、斯くしてパティキュレートフィルタ 22 の温度 TF が上昇する。

【0062】一方、このように吸気上死点付近において補助燃料 Q₂ を噴射すると圧縮工程中に圧縮熱によってこの補助燃料 Q₂ からアルデヒド、ケトン、パーオキサ

イド、一酸化炭素等の中間生成物が生成され、これら中間生成物によって主燃料 Q₁ の反応が加速される。従ってこの場合には図 8 (III) に示されるように主燃料 Q₁ の噴射時期を大巾に遅らせても失火を生ずることなく良好な燃焼が得られる。即ち、このように主燃料 Q₁ の噴射時期を大巾に遅らせることができるので排気ガス温はかなり高くなり、斯くしてパティキュレートフィルタ 22 の温度 TF をすみやかに上昇させることができる。

【0063】また、図 8 の (IV) に示されるように主燃料 Q₁ に加え、膨張行程中又は排気行程中に補助燃料 Q₂ を噴射することもできる。即ち、この場合、大部分の補助燃料 Q₂ は燃焼することなく未燃 HC の形で排気通路内に排出される。この未燃 HC はパティキュレートフィルタ 22 上において過剰酸素により酸化され、このとき発生する参加反応熱によってパティキュレートフィルタ 22 の温度 TF が上昇せしめられる。

【0064】ところで前述したように排気ガスの空燃比がリーンのときには排気ガス中の NO_x が活性酸素放出・NO_x 吸収剤 61 に吸収される。しかしながら NO_x 吸収剤 61 の NO_x 吸収能力には限度があり、活性酸素放出・NO_x 吸収剤 61 の NO_x 吸収能力が飽和する前に活性酸素放出・NO_x 吸収剤 61 から NO_x を放出させる必要がある。そのためには活性酸素放出・NO_x 吸収剤 61 に吸収されている NO_x 量を推定する必要がある。そこで本発明による実施例では単位時間当りの NO_x 吸収量 A を要求トルク TQ および機関回転数 N の関数として図 9 に示すようなマップの形で予め求めておき、この単位時間当りの NO_x 吸収量 A を積算することによって活性酸素放出・NO_x 吸収剤 61 に吸収されている NO_x 量 ΣNO_x を推定するようにしている。

【0065】また、本発明による実施例では図 7 に示されるようにこの NO_x 吸収量 ΣNO_x が予め定められた許容最大値 MAXN を越えたときに活性酸素放出・NO_x 吸収剤 61 に流入する排気ガスの空燃比 A/F を一時的にリッチにし、それによって活性酸素放出・NO_x 吸収剤 25 から NO_x を放出させるようにしている。この場合、空燃比 A/F を一時的にリーンからリッチに切換える方法は種々の方法が存在する。例えば燃焼室 5 内における平均空燃比をリッチにする方法や、膨張行程後半又は排気行程中に燃焼室 5 内に追加の燃料を噴射する方法や、パティキュレートフィルタ 22 上流の排気通路内に追加の燃料を噴射する方法がある。

【0066】一方、排気ガス中には SO₂ が含まれており、活性酸素放出・NO_x 吸収剤 61 には NO_x ばかりでなく SO₂ も吸収される。この活性酸素放出・NO_x 吸収剤 61 への SO₂ の吸収メカニズムは NO_x の吸収メカニズムと同じであると考えられる。即ち、NO_x の吸収メカニズムを説明したときと同様に担体上に白金 Pt およびカリウム K を担持させた場合を例にとり説明すると、前述したように排気ガスの空燃比がリーンのと

きには酸素 O_2 が O_2^- 又は O^{2-} の形で白金Ptの表面に付着しており、排気ガス中の SO_2 が白金Ptの表面で O_2^- 又は O^{2-} と反応して SO_3 となる。次いで生成された SO_3 の一部は白金Pt上で更に酸化されつつ活性酸素放出・NO_x吸収剤内に吸収され、カリウムKと結合しながら、硫酸イオン SO_4^{2-} の形で活性酸素放出・NO_x吸収剤内に拡散し、安定した硫酸塩 K_2SO_4 を生成する。

【0067】しかしながらこの硫酸塩 K_2SO_4 は安定していて分解しづらく、前述したように活性酸素放出・NO_x吸収剤61からNO_xを放出すべく排気ガスの空燃比をリッチにしても硫酸塩 K_2SO_4 は分解されずにそのまま残る。従って活性酸素放出・NO_x吸収剤61内には時間が経過するにつれて硫酸塩 K_2SO_4 が増大することになり、斯くして時間が経過するにつれて活性酸素放出・NO_x吸収剤61が吸収しうるNO_x量が低下することになる。

【0068】ところがこの硫酸塩 K_2SO_4 は活性酸素放出・NO_x吸収剤61の温度が活性酸素放出・NO_x吸収剤61により定まる一定温度、例えばほぼ600℃を越えると分解し、このとき活性酸素放出・NO_x吸収剤61に流入する排気ガスの空燃比をリッチにすると活性酸素放出・NO_x吸収剤61から SO_3 は放出される。ただし、活性酸素放出・NO_x吸収剤61から SO_3 を放出させるには活性酸素放出・NO_x吸収剤61からNO_xは放出させる場合に比べてかなり長い時間を要する。

【0069】そこで本発明による実施例では活性酸素放出・NO_x吸収剤61から SO_3 を放出すべきときには空燃比がリーンの状態では活性酸素放出・NO_x吸収剤61の温度TFをほぼ600℃まで上昇させ、次いで活性酸素放出・NO_x吸収剤61に流入する排気ガスの空燃比をリッチにして活性酸素放出・NO_x吸収剤61から SO_3 を放出させるようにしている。この場合、活性酸素放出・NO_x吸収剤61の温度TFをほぼ600℃まで上昇させる方法としては前述した種々の方法を用いることができる。

【0070】ところで、空燃比がリーンに維持されていると白金Ptの表面が酸素で覆われ、いわゆる白金Ptの酸素被毒が生ずる。このような酸素被毒が生ずるとNO_xに対する酸化作用が低下するためにNO_xの吸収効果が低下し、斯くして活性酸素放出・NO_x吸収剤61からの活性酸素放出量が低下する。しかしながら空燃比がリッチにされると白金Pt表面上の酸素が消費されるために酸素被毒が解消され、従って空燃比がリッチからリーンに切換えられたときにNO_xに対する酸化作用が強まる。従ってNO_xの吸収効率が高くなり、斯くして活性酸素放出・NO_x吸収剤61からの活性酸素放出量が増大する。

【0071】従って図7に示されるように空燃比A/F

がリーンに維持されているときに空燃比A/Fを時折リーンからリッチに切換えるとその都度白金Ptの酸素被毒が解消されるために空燃比A/Fがリーンであるときの活性酸素放出量が増大し、斯くしてパティキュレートフィルタ22上における微粒子の酸化作用を促進することができる。

【0072】また、セリウムCeは空燃比がリーンのときには酸素を取込み($Ce_2O_3 \rightarrow 2CeO_2$)、空燃比がリッチになると活性酸素を放出する($2CeO_2 \rightarrow Ce_2O_3$)機能を有する。従って活性酸素放出・NO_x吸収剤61としてセリウムCeを用いると空燃比がリーンのときにはパティキュレートフィルタ22上に微粒子が付着すると活性酸素放出・NO_x吸収剤61から放出された活性酸素等によって微粒子が酸化され、空燃比がリッチになると活性酸素放出・NO_x吸収剤61から多量の活性酸素が放出されるために微粒子が酸化される。従って活性酸素放出・NO_x吸収剤61としてセリウムCeを用いた場合にも空燃比を時折リーンからリッチに切換えるとパティキュレートフィルタ22上における微粒子の酸化反応を促進することができる。

【0073】次に図10を参照しつつ活性酸素放出・NO_x吸収剤61からNO_xを放出すべきときにセットされるNO_x放出フラグおよび活性酸素放出・NO_x吸収剤61から SO_3 を放出すべきときにセットされる SO_3 放出フラグの処理ルーチンについて説明する。なお、このルーチンは一定時間毎の割込みによって実行される。

【0074】図10を参照するとまず初めにステップ100において図9に示すマップから単位時間当りのNO_x吸収量Aが算出される。次いでステップ101ではNO_x吸収量ΣNOXにAが加算される。次いでステップ102ではNO_x吸収量ΣNOXが許容最大値MAXNを越えたか否かが判別される。ΣNOX>MAXNになるとステップ103に進み、NO_xを放出すべきことを示すNO_x放出フラグがセットされる。次いでステップ104に進む。

【0075】ステップ104では噴射量Qに定数kを乗算した積k・QがΣSOXに加算される。燃料中にはほぼ一定量の硫黄Sが含まれており、従って活性酸素放出・NO_x吸収剤61に吸収される SO_3 量はk・Qで表わすことができる。従ってこのk・Qを順次積算することによって得られるΣSOXは活性酸素放出・NO_x吸収剤61に吸収されていると推定される SO_3 量を表わしている。ステップ105ではこの SO_3 量ΣSOXが許容最大値MAXSを越えたか否かが判別され、ΣSOX>MAXSになるとステップ106に進んで SO_3 放出フラグがセットされる。

【0076】次に図11を参照しつつ本発明による運転制御について説明する。図11を参照すると、まず初めにステップ200においてパティキュレートフィルタ2

10

20

30

40

50

2 上の堆積微粒子量がパティキュレートフィルタ 22 の損傷をひき起こす可能性のある限界値を越えたか否かの推定に基づいてパティキュレートフィルタ 22 の再生を行う中間再生制御が実行される。次いでステップ 300 では活性酸素放出・NO_x 吸収剤 61 から NO_x を放出するための NO_x 放出制御が実行される。次いでステップ 400 ではパティキュレートフィルタ 22 における圧損が設定値を越えたときにパティキュレートフィルタ 22 の再生を行う本再生制御が実行される。次いでステップ 500 では活性酸素放出・NO_x 吸収剤 61 から SO₂ を放出するための SO₂ 放出制御が実行される。

【0077】次にこれら中間再生制御、NO_x 放出制御、本再生制御、SO₂ 放出制御について順次説明する。まず初めに図 12 を参照しつつ図 11 のステップ 200 において実行される中間再生制御の第 1 実施例について説明する。この第 1 実施例ではパティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子量 W_{n-1} を計算により求め、この堆積微粒子量 W_{n-1} が予め定められた限界値 WX を越えたときにパティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子量がパティキュレートフィルタ 22 の損傷をひき起こす可能性のある限界値を越えたかと判断してパティキュレートフィルタ 22 を再生するようにしている。

【0078】即ち、図 12 を参照するとまず初めにステップ 201 においてパティキュレートフィルタ 22 に単位時間当り流入する流入微粒子量 M 、即ち単位時間当り機関から排出される排出微粒子量 M が算出される。この排出微粒子量 M は機関の型式によって変化するが機関の型式が定まると要求トルク TQ および機関回転数 N の関数となる。図 13 (A) は図 1 に示される内燃機関の排出微粒子量 M を示しており、各曲線 M_1 、 M_2 、 M_3 、 M_4 、 M_5 は等排出微粒子量 ($M_1 < M_2 < M_3 < M_4 < M_5$) を示している。図 13 (A) に示される例では要求トルク TQ が高くなるほど排出微粒子量 M が増大する。なお、図 13 (A) に示される排出微粒子量 M は要求トルク TQ および機関回転数 N の関数として図 13 (B) に示すマップの形で求め ROM 32 内に記憶されている。

【0079】次いでステップ 202 では次式に基づいてパティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子量 W_{n-1} が算出される。

$$W_{n-1} = M + W_{n-1} - G$$

ここで M は上述したように単位時間当りの排出微粒子量を示し、 W_{n-1} は前回の処理サイクルのときに算出されたパティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子量を示し、 G は図 5 に示される単位時間当りの酸化除去可能微粒子量を示している。即ち、単位時間当りに新たに堆積する微粒子量は M であり、単位時間当りに酸化除去される微粒子量は G であるので最終的な堆積微粒子量 W_{n-1} は上式で表わされることになる。

【0080】次いでステップ 203 では堆積微粒子量 W

が限界値 WX を越えたか否かが判別される。 $W_{n-1} > WX$ になるとステップ 204 に進んでパティキュレートフィルタ 22 の再生処理が行われる。この再生処理ではパティキュレートフィルタ 22 を再生すべき目標再生時間が予め設定されており、この予め定められた目標再生時間だけパティキュレートフィルタ 22 の再生制御が行われる。パティキュレートフィルタ 22 の再生処理が完了するとステップ 205 に進んで W_{n-1} が零とされ、次いで図 11 のステップ 300 において実行される NO_x 放出制御へ進む。

【0081】なお、機関始動時には通常、パティキュレートフィルタ 22 の温度が低く、従って上式における酸化除去可能微粒子量 G は機関始動後暫くの間零又は零に近い状態が継続する。従って機関の始動が行われると通常堆積微粒子量 W_{n-1} が増大し続けて限界値を越え、従って機関の始動が行われると通常パティキュレートフィルタ 22 の再生処理が実行される。

【0082】次に図 11 のステップ 200 において実行される中間再生処理の第 2 の実施例について説明する。パティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子量がパティキュレートフィルタ 22 の損傷をひき起こす可能性のある限界値を越えたか否かはある程度推定することができる。例えば機関の始動が行われたときには上述したように通常堆積微粒子が限界値を越える。従って機関の指導が行われたときにはパティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子量が限界値を越えたかと推定することができる。

【0083】また、機関の運転状態がある期間以上継続するとパティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子量が限界値を越えると考えられる。従って機関の運転時間、機関回転数の累積値又は車両走行距離が予め定められた値を越えたときにもパティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子量が限界値を越えたかと推定することができる。

【0084】従ってこの第 2 実施例ではパティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子量が限界値を越えたかと推定されるときにはパティキュレートフィルタ 22 を再生するようにしている。即ち、この第 2 実施例を実行するための図 14 を参照するとまず初めにステップ 211 においてパティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子量が限界値を越えたかと推定されるか否かが判別される。パティキュレートフィルタ 22 上の堆積微粒子量が限界値を越えたかと推定されるときにはステップ 212 に進んでパティキュレートフィルタ 22 の再生処理が行われ、次いで NO_x 放出制御へ進む。この再生処理でもパティキュレートフィルタ 22 を再生すべき目標再生時間が予め設定されており、この予め定められた目標再生時間だけパティキュレートフィルタ 22 の再生制御が行われる。

【0085】次に図 11 のステップ 200 において実行される中間再生制御の第 3 の実施例について説明する。

前述したように図12に示す中間再生制御の第1実施例および図14に示す中間再生制御の第2実施例では目標再生時間が予め設定されており、予め設定された目標再生時間だけパティキュレートフィルタ22の再生制御が行われる。しかしながらパティキュレートフィルタ22の実際の再生作用はパティキュレートフィルタ22の温度が微粒子を着火し燃焼しうる温度に達しないと開始されない。従ってこの第3実施例ではパティキュレートフィルタ22の実際の再生作用が開始されたときから目標再生時間だけパティキュレートフィルタ22の再生制御を行うようにしている。次にこのことについて図15を参照しつつ説明する。

【0086】図15(A)はパティキュレートフィルタ22の再生制御、即ち昇温制御が開始されてからのパティキュレートフィルタ22の上流端の温度TFの変化を示している。また、図15(A)においてTFXは微粒子の燃焼が開始される温度を示している。図15(A)に示されるように再生制御が開始されるとパティキュレートフィルタ22の上流端の温度TFが上昇を開始し、パティキュレートフィルタ22の上流端の温度TFが500℃から600℃程度の燃焼開始温度TFXに達するとパティキュレートフィルタ22の上流端において堆積微粒子の燃焼が開始される。しかしながらこのときパティキュレートフィルタ22の上流端以外の温度は燃焼開始温度TFXよりも短く、パティキュレートフィルタ22の全体の温度TFが燃焼開始温度TFX以上になるには若干時間がかかる。この時間、即ちTFがTFXとなってからパティキュレートフィルタ22の全体で燃焼が開始されるまでの遅れ時間が図15(A)において Δt で示されている。

【0087】この遅れ時間 Δt は排気ガス温が高いほど短くなり、排気ガス量が多いほど短くなる。即ち、この遅れ時間 Δt は図15(A)に示されるような関係($\Delta t_1 < \Delta t_2 < \Delta t_3 < \Delta t_4 < \Delta t_5$)を有する。この第3実施例では図15(B)に示す関係から遅れ時間 Δt を算出し、TFがTFXとなった後遅れ時間 Δt が経過したときから目標再生時間だけパティキュレートフィルタ22の再生制御を行うようにしている。

【0088】なお、図1に示されるように本発明による実施例では温度センサ39によりパティキュレートフィルタ22の上流端の温度を検出しているので上述の如き遅れ時間 Δt を考慮する必要が生じてくる。従って、温度センサによってパティキュレートフィルタ22の全体において微粒子の燃焼が開始するときの温度を検出できる場合にはこのような遅れ時間を考慮する必要がなくなる。

【0089】また、この第3実施例ではパティキュレートフィルタ22の再生制御中に例えば機関が停止するとによって再生が中断した場合についても考慮されている。即ち、この第3実施例では、再生制御が中断した後

再開されたときは中断時における目標再生時間の残り時間にパティキュレートフィルタ22全体の温度を再生開始温度まで上昇させるのに必要な時間を加算してこの加算した時間を新たな目標再生時間とするようにしている。

【0090】図16および図17はこの第3実施例を実行するための中間再生制御ルーチンを示している。図16および図17を参照するとまず初めにステップ221において再生制御が行われていることを示す再生フラグがセットされているか否かが判別される。再生フラグがセットされていないときにはステップ222に進んで図13(B)に示すマップから単位時間当りの排出微粒子量Mが算出される。次いでステップ223では次式に基づいてパティキュレートフィルタ22上の堆積微粒子量 W_{n-1} が算出される。

$$【0091】 W_{n-1} = M + W_n - G$$

ここでMは上述したように単位時間当りの排出微粒子量を示し、 W_n は前回の処理サイクルのときに算出されたパティキュレートフィルタ22上の堆積微粒子量を示し、Gは図5に示される単位時間当りの酸化除去可能微粒子量を示している。

【0092】次いでステップ224では堆積微粒子量 W_{n-1} がパティキュレートフィルタ22の損傷をひき起こす可能性のある限界値WXを越えたか否かが判別される。 $W_{n-1} \leq WX$ のときには図11のステップ300において実行されるNO_x放出制御に進む。これに対して $W_{n-1} > WX$ になるとステップ225に進んで再生フラグがセットされ、次いでステップ226に進んで目標再生時間 t_r が設定される。次いでステップ227に進んで再生制御が開始される。再生フラグがセットされると次の処理サイクルではステップ221からステップ227にジャンプする。

【0093】次いでステップ228では実際に再生が開始されたことを示す再生開始フラグがセットされているか否かが判別される。再生フラグがセットされた後、初めてステップ228に進んだときには再生開始フラグはリセットされており、従ってこのときにはステップ229に進む。ステップ229では温度センサ39により検出されたパティキュレートフィルタ22の温度TFが燃焼開始温度TFXよりも高くなったか否かが判別される。 $TF \leq TFX$ のときにはNO_x放出制御に進む。これに対して $TF > TFX$ になるとステップ230に進む。

【0094】ステップ230では図15(B)に示す関係から遅れ時間 Δt が算出される。次いでステップ231では遅れ時間 Δt が経過したか否かが判別される。遅れ時間 Δt が経過していないときにはNO_x放出制御に進む。これに対して遅れ時間 Δt が経過したときにはパティキュレートフィルタ22の全体において再生作用が開始されたと判断し、ステップ232に進んで再生開始

フラグがセットされる。次いでステップ233に進む。再生開始フラグがセットされると次に処理サイクルではステップ228からステップ233にジャンプする。

【0095】ステップ233ではパティキュレートフィルタ22の全体において再生作用が開始されてからの経過時間 t に一定時間 α が加算される。次いでステップ234では再生制御が中断された否かが判別される。再生制御が中断されていないときにはステップ235に進んで経過時間 t が目標再生時間 t_r を越えたか否かが判別される。 $t \leq t_r$ のときにはNO、放出制御に進む。これに対して $t > t_r$ になるとステップ236に進んで再生制御が停止され、次いでステップ237において再生フラグおよび再生開始フラグがリセットされる。次いでステップ238に進んで堆積微粒子量 W 、および経過時間 t が零とされる。

【0096】即ち、再生制御中に再生制御が中断しない場合にはパティキュレートフィルタ22の全体において再生作用が開始されてから目標再生時間 t_r が経過するまでパティキュレートフィルタ22の再生作用が行われる。一方、ステップ234において再生制御が中断されたと判別されたときにはステップ239に進んで再生制御を中断すべき状態が解除されるまで、例えば機関の運転が停止されることによって再生制御が中断したときには機関の運転が再開されるまで中間再生制御が停止される。次いでステップ240では再生開始フラグがリセットされる。このとき経過時間 t は目標再生時間 t_r の残りの時間を表わしており、この残りの時間 t はそのまま記憶される。

【0097】さて、再生制御が中断されても再生フラグはセットされ続ける。従って再生制御を中断すべき状態が解除されたときにはステップ221からステップ227にジャンプして再生制御が開始され、このとき再生開始フラグはリセットされているのでステップ229、230、231において $TF > TFX$ になってから遅れ時間 Δt が経過したか否かが判別される。 $TF > TFX$ になってから遅れ時間 Δt が経過するとステップ232を経てステップ233に進み、経過時間 t への一定時間 α の加算作用が開始される。即ち、再生制御が中断されたときの目標再生時間 t_r の残りの時間 t が新たな目標再生時間とされ、再生制御が再び中断されない限りこの新たな目標再生時間だけ再生作用が行われる。この再生作用中にもし、再生制御が再び中断した場合には再生制御を中断すべき状態が解除されたときに上述の新たな目標再生時間の残り時間について再び再生作用が行われる。

【0098】次に図11のステップ300において実行されるNO、放出制御を示す図18について説明する。図18を参照するとまず初めにステップ301においてNO、放出フラグがセットされているか否かが判別される。NO、放出フラグがセットされていないときには図11のステップ400において実行される本再生制御に

進む。これに対してNO、放出フラグがセットされるとステップ302に進んで空燃比をリーン空燃比からリッチ空燃比に一時的に切替えるリッチ処理が行われる。このリッチ処理が行われると活性酸素放出・NO、吸収剤61からNO、が放出される。また、このとき活性酸素放出・NO、吸収剤61から放出される活性酸素によって堆積微粒子の酸化作用が促進される。リッチ処理が完了するとステップ303に進んで ΣNO_X がクリアされ、次いでステップ304においてNO、放出フラグがリセットされる。次いで本再生制御へ進む。

【0099】次に図11のステップ400において実行される本再生制御を示す図19について説明する。図19を参照するとまず初めにステップ401において目詰まりしたパティキュレートフィルタ22を再生すべきであることを示す本再生フラグがセットされているか否かが判別される。通常、本再生フラグはセットされていないのでステップ402に進み、圧力センサ43により検出されたパティキュレートフィルタ22における圧損PDが設定値MAXを越えたか否かが判別される。 $PD \leq MAX$ のときには図11のステップ500において実行されるSO、放出制御に進む。これに対して $PD > MAX$ になるとステップ403に進んで本再生フラグがセットされ、次いでステップ404に進んでパティキュレートフィルタ22の再生制御が開始される。本再生フラグがセットされると次の処理サイクルではステップ401からステップ404にジャンプする。

【0100】次いでステップ405では圧損PDが下限値MINよりも低くなったか否か、即ちパティキュレートフィルタ22の目詰まりが解消されたか否かが判別される。 $PD \geq MIN$ のときには図11のステップ500において実行されるSO、放出制御をジャンプしてENDへ進み、パティキュレートフィルタ22の目詰まりを解消するための再生作用が続行される。 $PD < MIN$ になるとステップ406に進んで再生制御が停止され、次いでステップ407において本再生フラグがリセットされる。

【0101】図1に示す実施例ではパティキュレートフィルタ22の上流側と下流側の圧力差から圧損PDを検出している。しかしながらパティキュレートフィルタ22の上流側のみの圧力を検出し、この圧力から圧損PDを検出することもできる。また、圧損PDが増大するとEGR制御弁25の開度が同一であればEGRガス量が増大し、このとき吸入空気量が変化しないようにEGR制御弁25を制御するとEGR制御弁25の開度が減少せしめられる。即ち、EGRガス量の変化或いはEGR制御弁25の開度の変化から圧損PDを検出することができることになる。本発明において圧損PDを検出するとはこれら種々の方法によって圧損PDを検出する場合を含んでいる。

【0102】次に図11のステップ500において実行

されるSO_x、放出制御について説明する。前述したように活性酸素放出・NO_x、吸収剤61からSO_xを放出すべきときには空燃比がリッチの状態では活性酸素放出・NO_x、吸収剤61の温度TFをほぼ600℃まで上昇させ、次いで活性酸素放出・NO_x、吸収剤61に流入する排気ガスの空燃比がリッチにされる。この場合もパティキュレートフィルタ22の温度TFが図15(A)に示されるようにNO_x、放出温度TFXXに達した後パティキュレートフィルタ22全体の温度TFがNO_x、放出温度TFXXに達するまでの遅れ時間Δtが算出され、遅れ時間Δtが経過したときから予め定められた目標SO_x、放出時間だけ昇温制御を継続しつつ空燃比をリッチにして活性酸素放出・NO_x、吸収剤61からSO_x、放出せしめられる。

【0103】また、このNO_x、放出制御でもSO_x、放出制御中に例えば機関が停止させることによってSO_xの放出制御が中断された場合について考慮されている。即ち、このNO_x、放出制御ではSO_x、放出制御が中断した後再開されたときは中断時における目標SO_x、放出時間の残り時間にパティキュレートフィルタ全体の温度をSO_x、放出温度まで上昇させるのに必要な時間を加算してこの加算した時間を新たな目標SO_x、放出時間とするようにしている。

【0104】図20および図21はこのNO_x、放出制御を実行するためのルーチンを示している。図20および図21を参照するとまず初めにステップ501においてNO_x、放出制御が実行されていることを示す実行中フラグがセットされているか否かが判別される。実行中フラグがセットされていないときにはステップ502に進んでSO_x、放出フラグがセットされているか否かが判別される。SO_x、放出フラグがセットされていないときには処理サイクルを完了する。これに対してSO_x、放出フラグがセットされたときにはステップ503に進んで実行中フラグがセットされ、次いでステップ504に進んで目標SO_x、放出時間t₀が設定される。次いでステップ505に進んで昇温制御が開始される。実行中フラグがセットされると次の処理サイクルではステップ501からステップ505にジャンプする。

【0105】次いでステップ506ではSO_xの放出が開始されたことを示す放出開始フラグがセットされているか否かが判別される。実行中フラグがセットされた後、初めてステップ506に進んだときには放出開始フラグはリセットされており、従ってこのときにはステップ507に進む。ステップ507では温度センサ39により検出されたパティキュレートフィルタ22の温度TFがSO_x、放出温度TFXXよりも高くなったか否かが判別される。TF≤TFXXのときには処理サイクルを完了する。これに対してTF>TFXXになるとステップ508に進む。

【0106】ステップ508では図15(B)に示す関

係から遅れ時間Δtが算出される。次いでステップ509では遅れ時間Δtが経過したか否かが判別される。遅れ時間Δtが経過していないときには処理サイクルを完了する。これに対して遅れ時間Δtが経過したときにはパティキュレートフィルタ22の全体においてSO_xの放出が開始されたと判断し、ステップ510に進んで放出開始フラグがセットされる。次いでステップ511に進む。放出開始フラグがセットされると次に処理サイクルではステップ506からステップ511にジャンプする。

【0107】ステップ511では空燃比を理論空燃比よりもわずかにリッチにするリッチ処理が開始される。次いでステップ512ではパティキュレートフィルタ22の全体においてNO_xの放出作用が開始されてからの経過時間tに一定時間αが加算される。次いでステップ513ではNO_x、放出制御が中断されたか否かが判別される。NO_x、放出制御が中断されていないときにはステップ514に進んで経過時間tが目標SO_x、放出時間t₀を越えたか否かが判別される。t≤t₀のときには処理サイクルを完了する。これに対してt>t₀になるとステップ515に進んで昇温制御が停止され、次いでステップ516ではリッチ処理が停止される。次いでステップ517ではNO_x、放出フラグ、実行中フラグおよび放出開始フラグがリセットされる。次いでステップ518に進んでSO_x、吸収量ΣSOXおよび経過時間tが零とされる。

【0108】即ち、SO_x、放出作用中にSO_x、放出制御が中断しない場合にはパティキュレートフィルタ22の全体においてSO_xの放出作用が開始されてから目標SO_x、放出時間t₀が経過するまでSO_x、放出作用が行われる。一方、ステップ513においてSO_x、放出制御が中断されたと判断されたときにはステップ519に進んでSO_x、放出制御を中断すべき状態が解除されるまで、例えば機関の運転が停止されることによってSO_x、放出制御が中断したときには機関の運転が再開されるまでSO_x、放出制御が停止される。次いでステップ520では放出開始フラグがリセットされる。このとき経過時間tは目標SO_x、放出時間t₀の残りの時間を表わしており、この残りの時間tはそのまま記憶される。

【0109】さて、SO_x、放出制御が中断されても実行中フラグはセットされ続ける。従ってNO_x、放出制御を中断すべき状態が解除されたときにはステップ501からステップ505にジャンプして昇温制御が開始され、このとき放出開始フラグはリセットされているのでステップ507、508、509においてTF>TFXXになってから遅れ時間Δtが経過したか否かが判別される。TF>TFXXになってから遅れ時間Δtが経過するとステップ510を経てステップ511に進み、リッチ処理が開始される。次いでステップ512に進み、経過時間tへの一定時間αの加算作用が開始される。即

ち、SO_x、放出制御が中断されたときの目標 SO_x、放出時間 t₁、の残りの時間 t₂ が新たな目標 SO_x、放出時間とされ、SO_x、放出制御が再び中断されない限りこの新たな目標 SO_x、放出時間だけ SO_x、放出作用が行われる。この SO_x、放出作用中にもし、SO_x、放出制御が再び中断した場合には SO_x、放出制御を中断すべき状態が解除されたときに上述の新たな目標 SO_x、放出時間の残り時間について再び SO_x、放出作用が行われる。

【0110】最後に図 22 から図 26 を参照して本発明によるパティキュレートフィルタ 22 を用いた場合に特に適している低温燃焼方法について説明する。図 1 に示される内燃機関では EGR 率（EGR ガス量 / (EGR ガス量 + 吸入空気量)）を増大していくとスモークの発生量が次第に増大してピークに達し、更に EGR 率を高めていくと今度はスモークの発生量が急激に低下する。このことについて EGR ガスの冷却度合を変えたときの EGR 率とスモークとの関係を示す図 22 を参照しつつ説明する。なお、図 22 において曲線 A は EGR ガスを強力に冷却して EGR ガス温をほぼ 90℃ に維持した場合を示しており、曲線 B は小型の冷却装置で EGR ガスを冷却した場合を示しており、曲線 C は EGR ガスを強制的に冷却していない場合を示している。

【0111】図 22 の曲線 A で示されるように EGR ガスを強力に冷却した場合には EGR 率が 50 パーセントよりも少し低いところでスモークの発生量がピークとなり、この場合には EGR 率をほぼ 55 パーセント以上にすればスモークがほとんど発生しなくなる。一方、図 22 の曲線 B で示されるように EGR ガスを少し冷却した場合には EGR 率が 50 パーセントよりも少し高いところでスモークの発生量がピークとなり、この場合には EGR 率をほぼ 65 パーセント以上にすればスモークがほとんど発生しなくなる。また、図 22 の曲線 C で示されるように EGR ガスを強制的に冷却していない場合には EGR 率が 55 パーセントの付近でスモークの発生量がピークとなり、この場合には EGR 率をほぼ 70 パーセント以上にすればスモークがほとんど発生しなくなる。

【0112】このように EGR ガス率を 55 パーセント以上にするとスモークが発生しなくなるのは、EGR ガスの吸熱作用によって燃焼時における燃料および周囲のガス温がさほど高くなり、即ち低温燃焼が行われ、その結果炭化水素が煤まで成長しないからである。この低温燃焼は、空燃比にかかわらずスモークの発生即ち、微粒子の排出を抑制しつつ NO_x の発生量を低減することができるという特徴を有する。即ち、空燃比がリッチにされると燃料が過剰となるが燃焼温度が低い温度に抑制されているために過剰な燃料は煤まで成長せず、斯くしてほとんどスモークが発生しない。また、このとき NO_x も極めて少量しか発生しない。一方、平均空燃比がリーンのとき、或いは空燃比が理論空燃比のときでも燃焼温度が高くなれば少量の煤が生成されるが低温燃焼下で

は燃焼温度が低い温度に抑制されているためにスモークはほとんど発生せず、NO_x も極めて少量しか発生しない。

【0113】一方、この低温燃焼を行うと燃料およびその周囲のガス温は低くなるが排気ガス温は上昇する。このことについて図 23 (A)、(B) を参照しつつ説明する。図 23 (A) の実線は低温燃焼が行われたときの燃焼室 5 内の平均ガス温 T_g とクランク角との関係を示しており、図 23 (A) の破線は通常の燃焼が行われたときの燃焼室 5 内の平均ガス温 T_g とクランク角との関係を示している。また、図 23 (B) の実線は低温燃焼が行われたときの燃料およびその周囲のガス温 T_f とクランク角との関係を示しており、図 23 (B) の破線は通常の燃焼が行われたときの燃料およびその周囲のガス温 T_f とクランク角との関係を示している。

【0114】低温燃焼が行われているときには通常の燃焼が行われているときに比べて EGR ガス量が多く、従って図 23 (A) に示されるように圧縮上死点前は、即ち圧縮工程中は実線で示す低温燃焼時における平均ガス温 T_g のほうが破線で示す通常の燃焼時における平均ガス温 T_g よりも高くなっている。なお、このとき図 23 (B) に示されるように燃料およびその周囲のガス温 T_f は平均ガス温 T_g とほぼ同じ温度になっている。

【0115】次いで圧縮上死点付近において燃焼が開始されるがこの場合、低温燃焼が行われているときには図 23 (B) の実線で示されるように EGR ガスの吸熱作用により燃料およびその周囲のガス温 T_f はさほど高くない。これに対して通常の燃焼が行われている場合には燃料周りに多量の酸素が存在するために図 23

(B) の破線で示されるように燃料およびその周囲のガス温 T_f は極めて高くなる。このように通常の燃焼が行われた場合には燃料およびその周囲のガス温 T_f は低温燃焼が行われている場合に比べてかなり高くなるが大部分を占めるそれ以外のガスの温度は低温燃焼が行われている場合に比べて通常の燃焼が行われている場合の方が低くなっており、従って図 23 (A) に示されるように圧縮上死点付近における燃焼室 5 内の平均ガス温 T_g は低温燃焼が行われている場合の方が通常の燃焼が行われている場合に比べて高くなる。その結果、図 23 (A) に示されるように燃焼が完了した後の燃焼室 5 内の既燃ガス温は低温燃焼が行われた場合の方が通常の燃焼が行われた場合に比べて高くなり、斯くして低温燃焼を行うと排気ガス温が高くなる。

【0116】ただし、機関の要求トルク T_Q が高くなると、即ち燃料噴射量が多くなると燃焼時における燃料および周囲のガス温が高くなるために低温燃焼を行うのが困難となる。即ち、低温燃焼を行いうるのは燃焼による発熱量が比較的少ない機関中低負荷運転時に限られる。図 24 において領域 I は煤の発生量がピークとなる不活性ガス量よりも燃焼室 5 の不活性ガス量が多い第 1 の燃

焼、即ち低温燃焼を行わせることのできる運転領域を示しており、領域IIは煤の発生量がピークとなる不活性ガス量よりも燃焼室内の不活性ガス量が少ない第2の燃焼、即ち通常の燃焼しか行わせることのできない運転領域を示している。

【0117】図25は運転領域Iにおいて低温燃焼を行う場合の目標空燃比A/Fを示しており、図26は運転領域Iにおいて低温燃焼を行う場合の要求トルクTQに応じたスロットル弁17の開度、EGR制御弁25の開度、EGR率、空燃比、噴射開始時期 θ S、噴射完了時期 θ E、噴射量を示している。なお、図26には運転領域IIにおいて行われる通常の燃焼時におけるスロットル弁17の開度等も合わせて示している。図25および図26から運転領域Iにおいて低温燃焼が行われているときにはEGR率が55パーセント以上とされ、空燃比A/Fが15.5から18程度のリーン空燃比とされることがわかる。

【0118】パティキュレートフィルタ22による微粒子の酸化除去能力が低下するのは排気ガス温が低くなる機関低負荷運転時である。ところが機関低負荷運転時に低温燃焼を行うと前述したように排気ガス温は上昇し、しかもスモークの発生量、即ち排出微粒子量が極めて少なくなるので機関低負荷運転時であってもパティキュレートフィルタ22の全ての堆積微粒子を連続的に酸化除去することができることになる。また、前述したように運転領域Iにおいて低温燃焼が行われているときには空燃比をリッチにしてもスモークはほとんど発生しない。従って低温燃焼を行うとスモークの発生を伴うことなく活性酸素放出・NO_x、吸収剤61からNO_x、およびSO_x、を放出させることができる。更に、機関運転中に通常の燃焼から低温燃焼に切換えるとパティキュレートフィルタ22の温度TFを上昇させることができる。即ち、パティキュレートフィルタ22を昇温するために低温燃焼を用いることもできる。

【0119】

【発明の効果】パティキュレートフィルタが損傷するのを阻止することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】内燃機関の全体図である。

【図2】機関の要求トルクを示す図である。

【図3】パティキュレートフィルタを示す図である。

【図4】微粒子の酸化作用を説明するための図である。

【図5】酸化除去可能微粒子量とパティキュレートフィルタの温度との関係を示す図である。

【図6】パティキュレートフィルタの隔壁の拡大断面図を示す図である。

【図7】再生処理等を説明するためのタイムチャートである。

【図8】噴射制御を説明するための図である。

【図9】NO_x、吸収量Aのマップを示す図である。

【図10】NO_x、放出フラグおよびSO_x、放出フラグを処理するためのフローチャートである。

【図11】機関の運転を制御するためのフローチャートである。

【図12】中間再生制御の第1実施例を実行するためのフローチャートである。

【図13】排出微粒子量を示す図である。

【図14】中間再生制御の第2実施例を実行するためのフローチャートである。

【図15】再生制御を説明するための図である。

【図16】中間再生制御の第3実施例を実行するためのフローチャートである。

【図17】中間再生制御の第3実施例を実行するためのフローチャートである。

【図18】NO_x、放出制御を実行するためのフローチャートである。

【図19】本再生制御を実行するためのフローチャートである。

【図20】SO_x、放出制御を実行するためのフローチャートである。

【図21】SO_x、放出制御を実行するためのフローチャートである。

【図22】スモークの発生量を示す図である。

【図23】燃焼室内のガス温等を示す図である。

【図24】運転領域I、IIを示す図である。

【図25】空燃比A/Fを示す図である。

【図26】スロットル弁開度等の変化を示す図である。

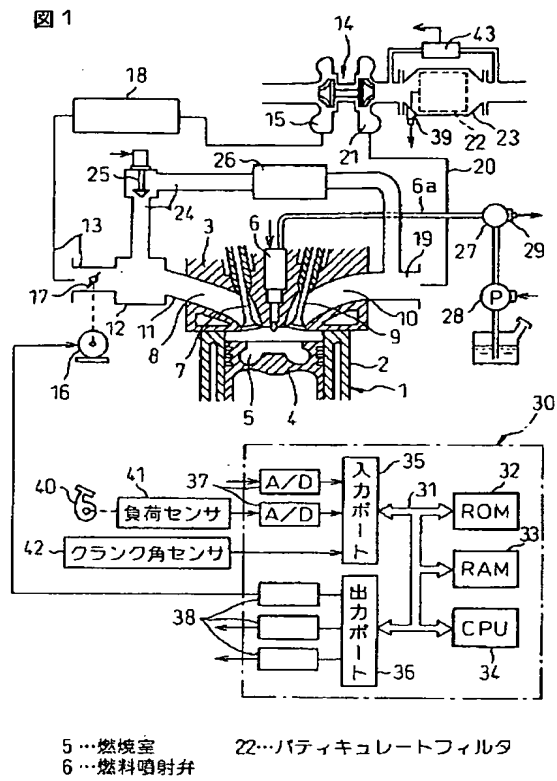
【符号の説明】

5…燃焼室

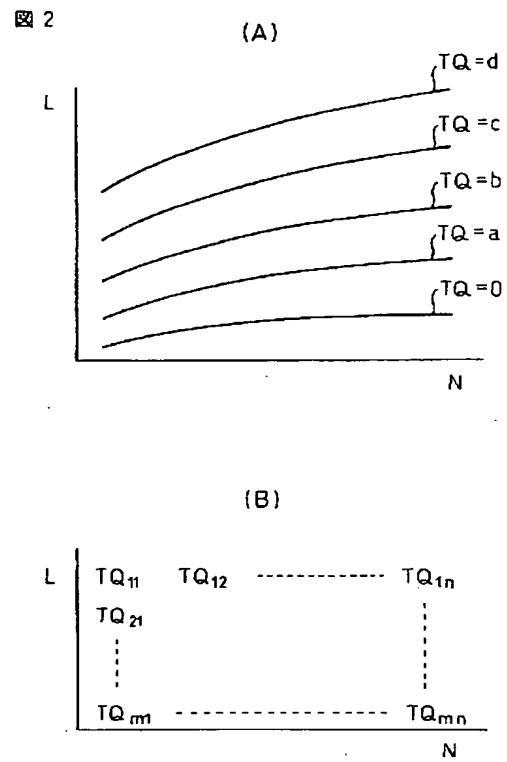
6…燃料噴射弁

40 22…パティキュレートフィルタ

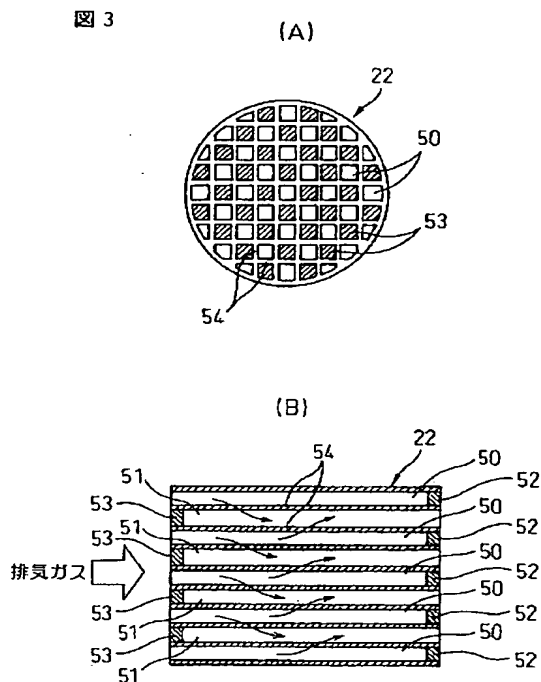
【図1】



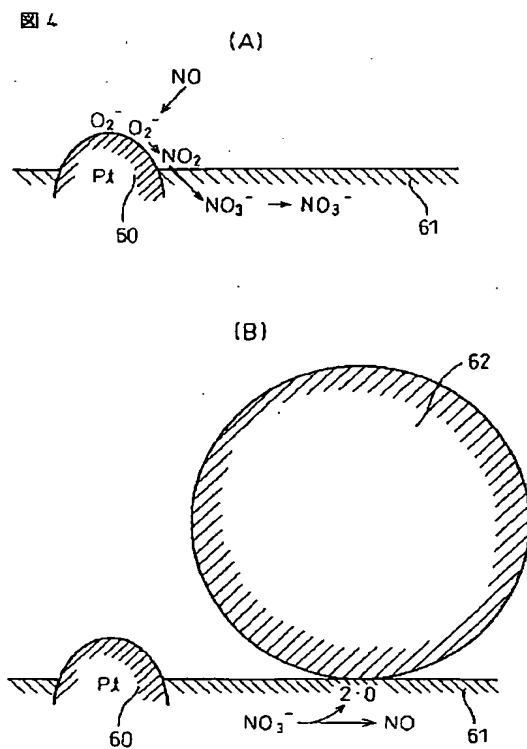
【図2】



【図3】

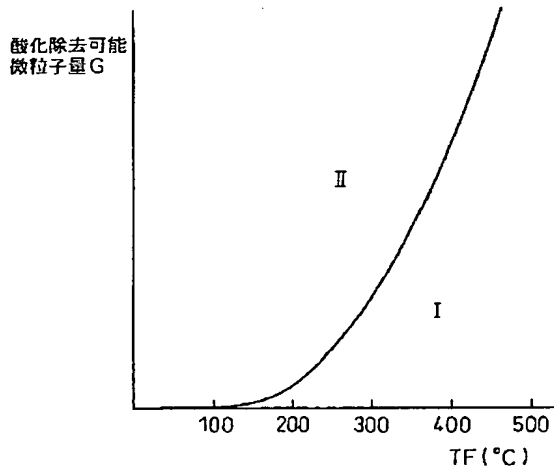


【図4】



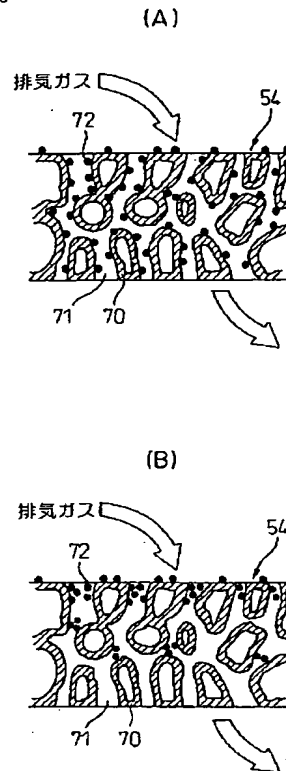
【図 5】

図 5



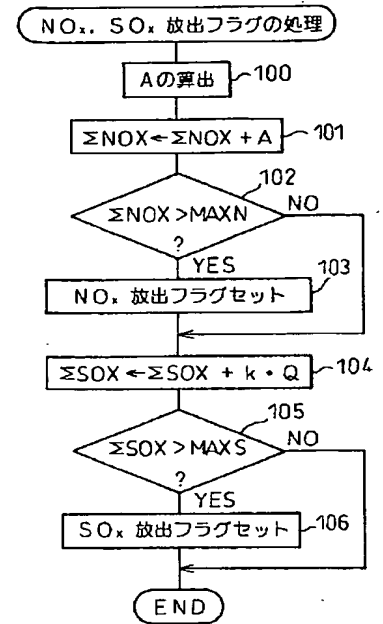
【図 6】

図 6



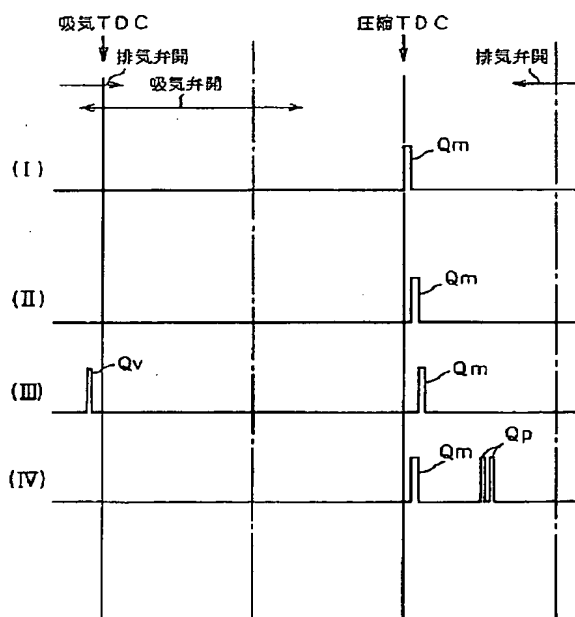
【図 10】

図 10



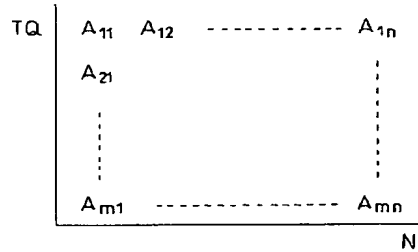
【図 8】

図 8



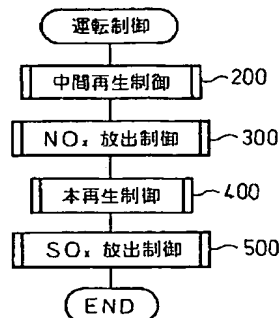
【図 9】

図 9



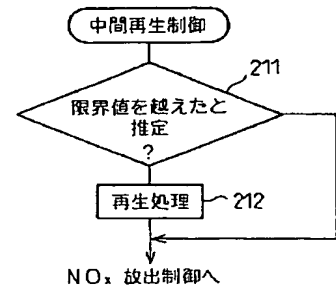
【図 11】

図 11

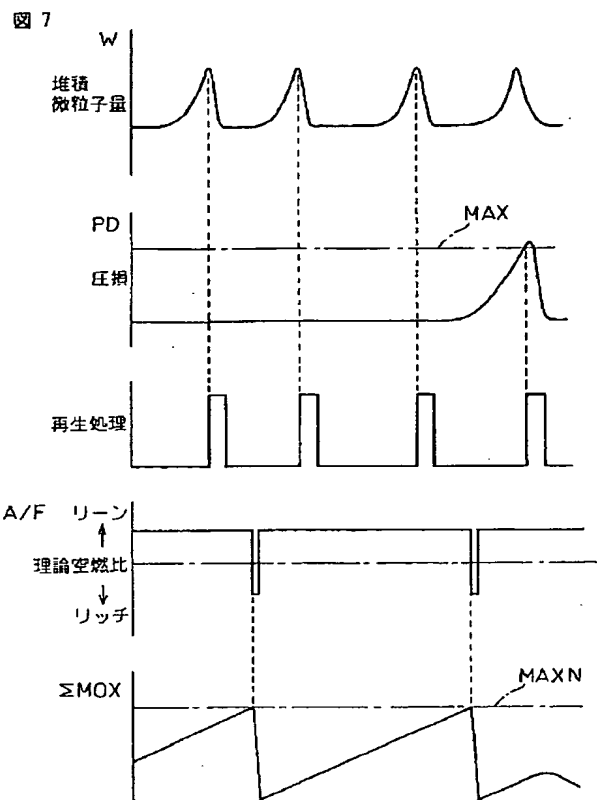


【図 14】

図 14

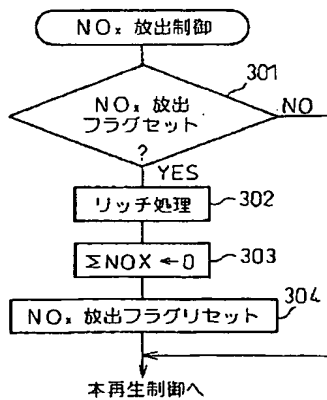


【図7】



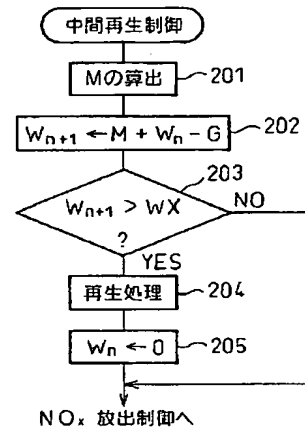
【図18】

図18



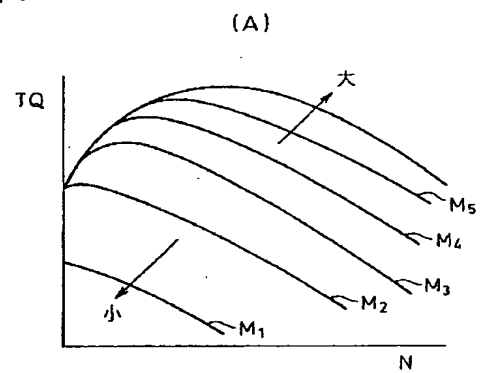
【図12】

図12

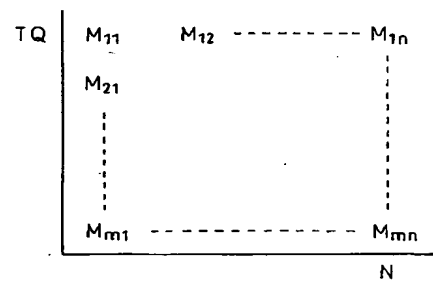


【図13】

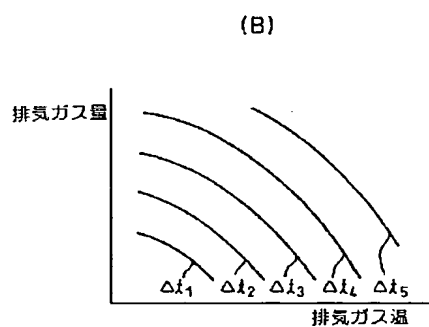
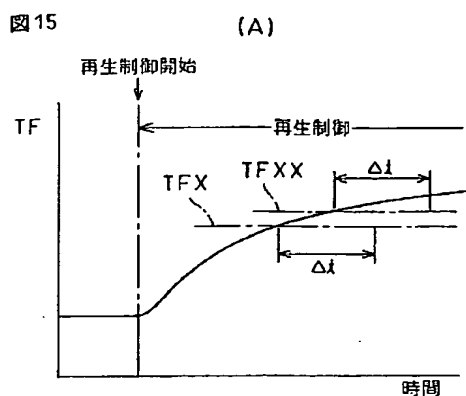
図13



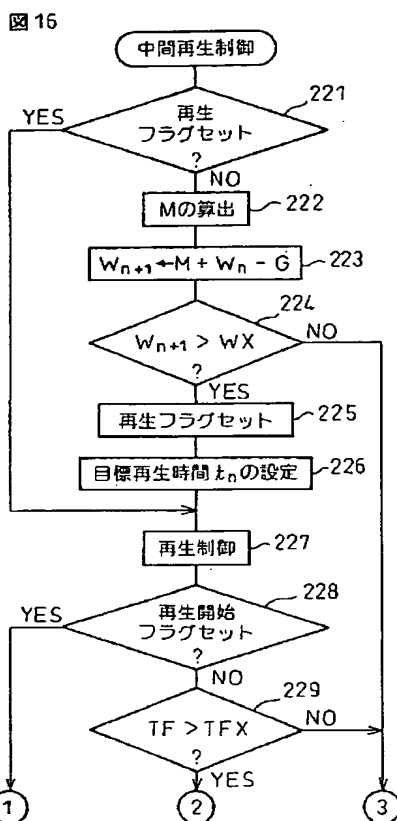
(B)



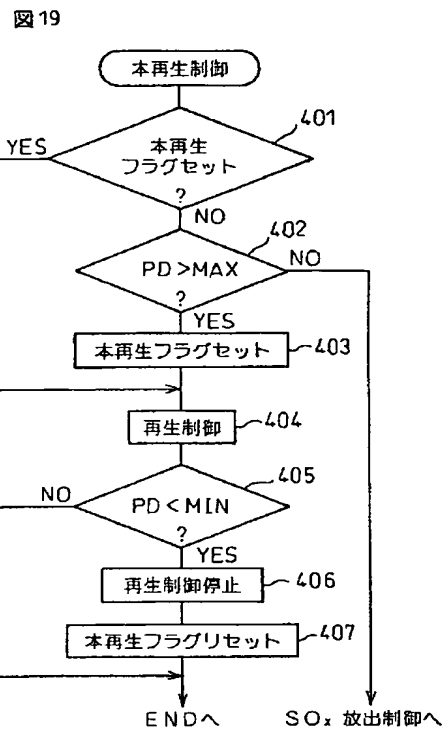
【図15】



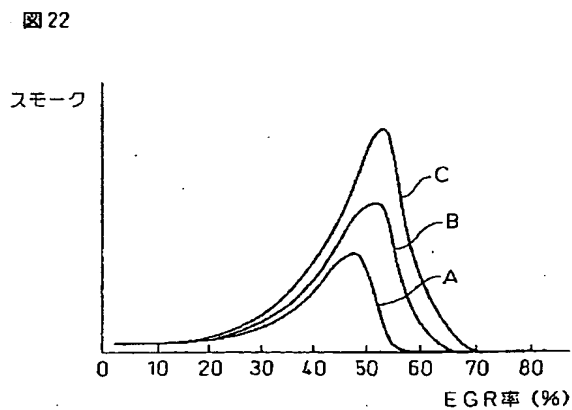
【図16】



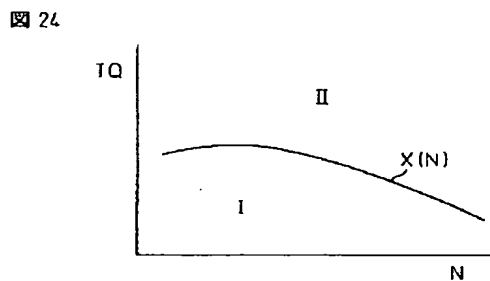
【図19】



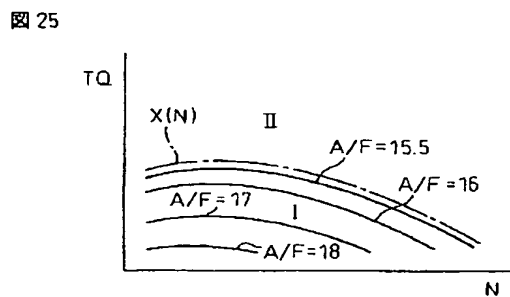
【図22】



【図24】

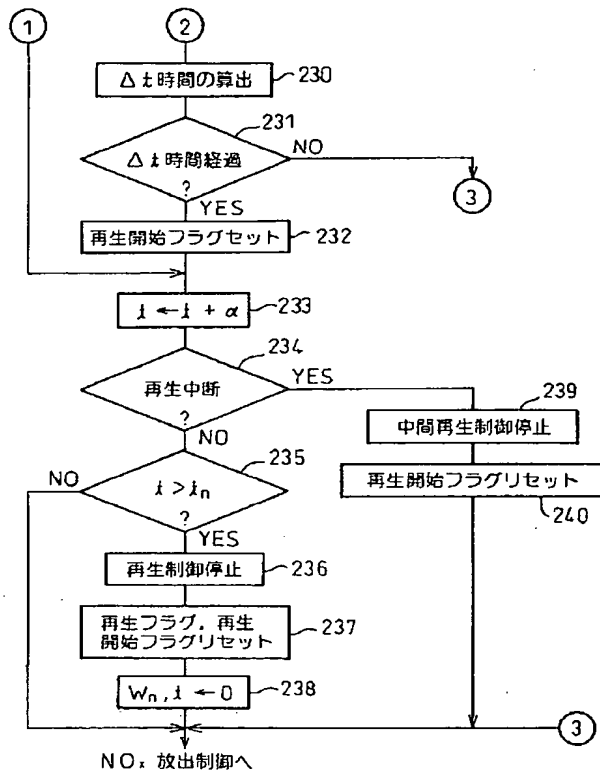


【図25】



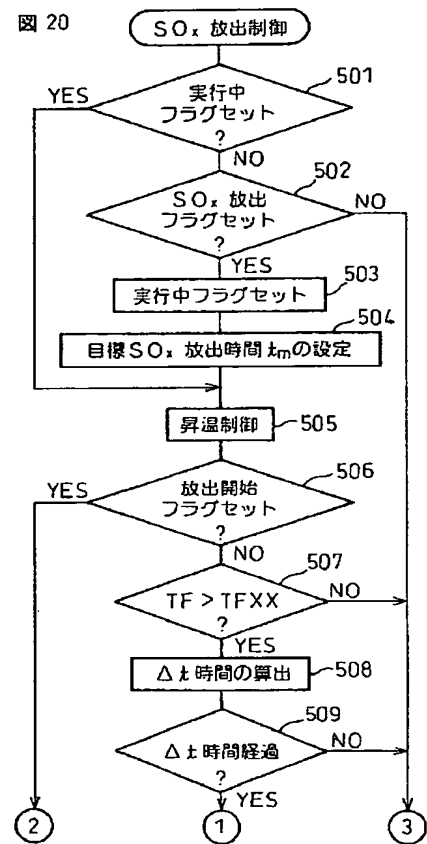
【図 17】

図 17



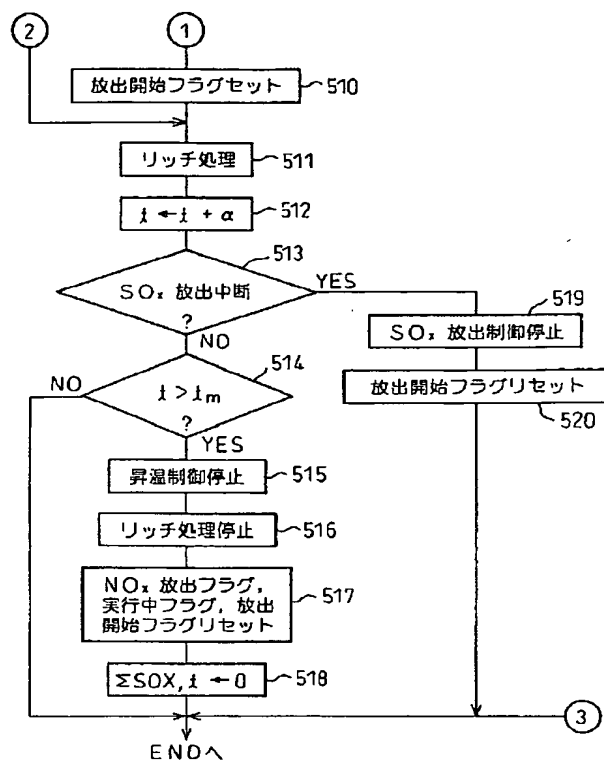
【図 20】

図 20



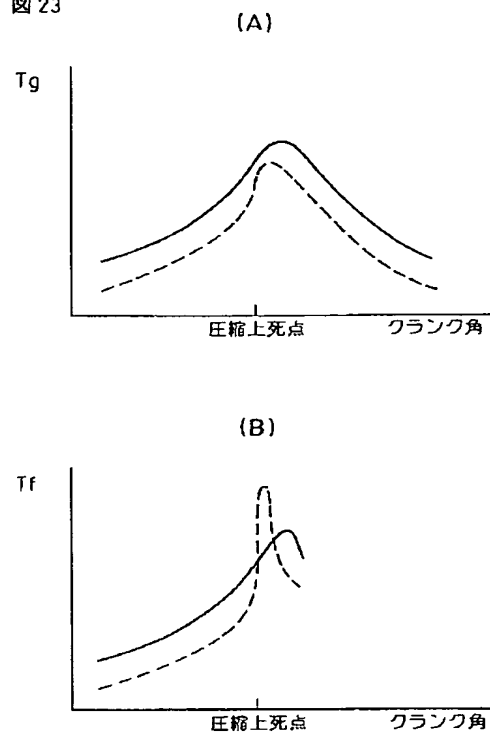
【図21】

図21

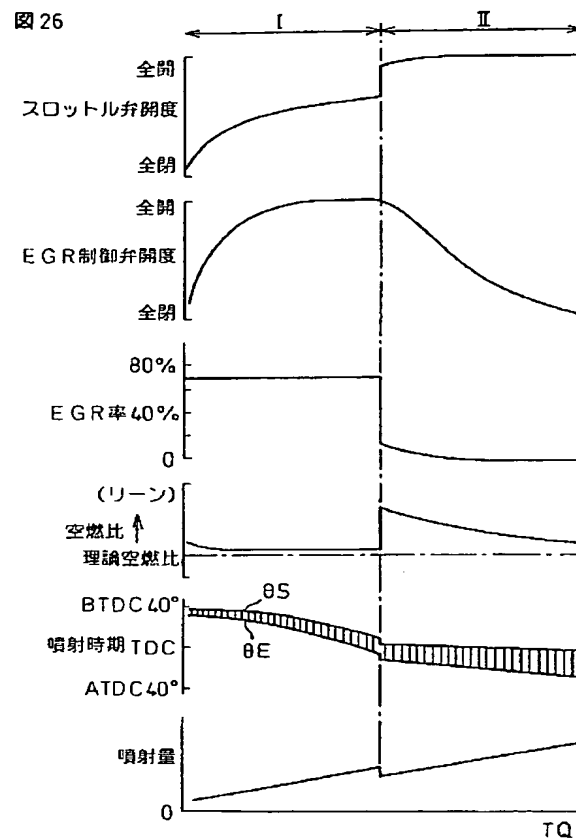


【図23】

図23



【図26】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷		識別記号		F I		テーマコード [*] (参考)	
F 0 1 N	3/02			F 0 1 N	3/02	3 2 1 E	
						3 2 1 H	
						3 2 1 K	
	3/08				3/08	A	
	3/24				3/24	E	
	3/28	3 0 1			3/28	3 0 1 C	
F 0 2 D	41/04	3 5 5		F 0 2 D	41/04	3 5 5	
		3 8 0				3 8 0 M	
(72) 発明者	伊藤 和浩			(72) 発明者	利岡 俊祐		
	愛知県豊田市トヨタ町1番地	トヨタ自動			愛知県豊田市トヨタ町1番地	トヨタ自動	
	車株式会社内				車株式会社内		
(72) 発明者	浅沼 孝充			(72) 発明者	見上 晃		
	愛知県豊田市トヨタ町1番地	トヨタ自動			愛知県豊田市トヨタ町1番地	トヨタ自動	
	車株式会社内				車株式会社内		
(72) 発明者	木村 光孝						
	愛知県豊田市トヨタ町1番地	トヨタ自動					
	車株式会社内						

F ターム(参考) 3G090 AA03 BA01 BA04 CA01 CB02
CB03 CB12 CB13 DA03 DA04
DA12 DA13 DA18
3G091 AA10 AA11 AA18 AB06 AB09
AB11 AB13 BA04 BA07 BA14
BA23 BA33 CA01 CA04 CA16
CA23 CA26 CB02 CB03 DB06
EA01 EA03 EA07 EA19 EA38
FA04 FB02 FB03 FB10 FB14
FC01 FC07 GA06 GB01W
GB02W GB03W GB04W GB06W
GB10X HA36 HA37 HA39
3G301 HA02 HA11 HA13 JA24 JA25
JA33 KA05 KA21 LB11 LB13
MA01 MA03 MA11 MA19 MA23
NA04 NE01 NE13 NE23 PA17Z
PD12Z PD14Z PE01Z PE03Z
PF03Z